EXPOSÉ DES TITRES

ET DES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. EM. BOURQUELOT.

PROFESSEUR AGRÉGÉ, CHARGÉ DU COURS DE PHARMACIE GALÉNIQUE
A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS,
PHARMACIEN EN CHEF DE L'HOPITAL LAENNEC





LONS-LE-SAUNIER
IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE LUCIEN DECLUME

1896

I

GRADES UNIVERSITAIRES

Licencié ès-sciences naturelles (23 novembre 1880).

Pharmacien de 1re classe (6 avril 1882).

Docteur ès-sciences naturelles (9 janvier 1885)

Agrégé à l'École de Pharmacie de Paris (12 juin 1889).

II

FONCTIONS

dans l'enseignement et hors de l'enseignement

Interne en pharmacie des hôpitaux de Paris (1875 à 1878).

Préparateur des travaux pratiques de chimie à l'Ecole de Pharmacie de Paris (1877 à 1881).

Chef du laboratoire de chimie biologique de l'hôpital de la Pitié (chaire de clinique médicale) (1877-1878).

Pharmacien des Hôpitaux de Paris (1er décembre 1878).

Préparateur du cours de Cryptogamie à l'Ecole de Pharmacie de Paris (1er janvier 1882 à 1889).

Chargé des fonctions de chef des travaux de micrographie à l'Ecole de Pharmacie de Paris (1er semestre 1887-1888).

Chargé du cours de Pharmacie galénique à l'Ecole de Pharmacie de Paris, depuis le 1er janvier 1893.

III

SOCIÉTÉS SAVANTES, DISTINCTIONS HONORIFIQUES

Membre de la Société de Pharmacie de Paris (1883) ; secrétaire annuel (1888) ; secrétaire général adjoint (1891) ; Vice-président (1897).

Membre de la Société de Biologie (1885).

Membre de la Société mycologique de France (1887) ; secrétaire (1888) ; secrétaire général (1890-1892) ; vice-président (1893-1894) ; président (1894-1896).

Membre de l'Association française pour l'avancement des sciences (1887).

Membre de la Société botanique suisse (1894).

Membre de la Société d'Histoire naturelle des Ardennes (1894) ; président (1896).

Membre de la Société botanique de France (1894).

Officier d'Académie (27 décembre 1887).

Officier de l'Instruction publique (28 juillet 1894).

EXPOSÉ GÉNÉRAL

Mes travaux scientifiques sont surtout des travaux de chimie physiologique. Il ont eu pour origine cette idée qu'il fallait rechercher dans l'étude des êtres inférieurs, la solution des problèmes difficilement accessibles à l'expérimentateur chez les êtres supérieurs. Il est hors de doute, en effet, que, chez ces derniers plus que chez les premiers, les phénomènes physiologiques sont complexes et sous la dépendance de facteurs multiples qu'il est, la plupart du temps, impossible d'envisager isolément.

Titre I
Phénomènes chimiques de la digestion.

J'ai débuté par des recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Mollusques Céphalopodes. J'ai donc été aux prises immédiatement avec les ferments digestifs, c'est-à-dire avec les ferments solubles hydratants qui sont les agents de la digestion. Ces recherches, en attirant mon attention sur le rôle que jouent les ferments solubles chez les êtres vivants, m'ont convaincu que, si l'on voulait faire faire quelques nouveaux progrès à la physiologie de la digestion, ou plus généralement à la physiologie de la nutrition, il fallait étudier avec plus de soin qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, ces ferments eux-mêmes.

Titre II
Ferments solubles hydratants.

De là une deuxième série de recherches portant sur les ferments en question, recherches qui m'ont fait passer peu à peu du domaine de la physiologie animale dans le domaine de la physiologie végétale. Mais de même que, dans mes premiers travaux, j'avais pris pour sujets d'étude des animaux inférieurs, de même, lorsqu'il s'est agi de choisir des végétaux capables de fournir des ferments solubles, je me suis adressé, non pas d'une façon exclusive, mais de préférence, aux végétaux inférieurs, et même aux plus simples d'entre eux, aux végétaux sans chlorophylle, c'est-à-dire aux Champignons.

Il y avait là d'ailleurs tout un champ d'études chimico-biologiques encore inexploré, dans lequel on pouvait espérer faire des observations nouvelles et intéressantes.

Cet espoir n'a pas été déçu. J'ai constaté d'abord que les Champignons élaborent des ferments solubles qui leur servent à rendre assimilables les matériaux dont ils se nourrissent, ainsi que ceux qu'ils mettent en réserve dans quelques-uns de leurs organes pour les utiliser ultérieurement J'ai établi ensuite que ces ferments sont en général plus actifs que ceux des autres végétaux ; et cela n'a rien qui doive surprendre si l'on réfléchit à la rapidité de croissance des champignons et à ce fait que, dans la nature, le rôle de ces derniers est précisément de détruire les autres végétaux.

Je rappellerai seulement ici que j'ai trouvé dans les champignons de la *maltase*, ferment soluble qui dédouble le maltose en glucose, de *l'inulase*, ferment qui fait passer les inulines à l'état de lévulose, de *l'émulsine*, ferment qui possède la propriété d'hydrolyser un grand nombre de glucosides, et j'ajouterai que j'ai découvert dans ces mêmes végétaux un ferment soluble non encore signalé, que j'ai appelé *trehalase*, parce qu'il dédouble le tréhalose en glucose.

Quant à la *gaulthérase*, ferment qui hydrolyse le glucoside de l'éther méthylsalicylique en mettant cet éther en liberté, si je l'ai trouvée dans quelques plantes supérieures et en particulier dans le *Monotropa Hypopitys*, ce sont encore mes recherches sur les Champignons qui m'ont conduit à cette découverte. Car, en étudiant le *Monotropa*, je voulais m'assurer si, dans ce végétal *parasite*, et, en apparence, *sans chlorophylle*, on ne retrouverait point quelques-uns de ces principes immédiats que j'avais rencontrés chez les Champignons, dont beaucoup vivent en parasites et qui sont tous dépourvus de chlorophylle.

Titre III
Ferments oxydants.

A côté des fonctions de nutrition, viennent se placer les fonctions de respiration. Schœnbein dans des notes répétées et pourtant peu connues, avait autrefois insisté sur l'existence, chez les êtres vivants, de substances solubles, capables d'oxyder certains composés en présence de l'air. A ces substances, il avait attribué un rôle important dans les phénomènes d'oxydation qui se produisent pendant la respiration.

Ces substances peuvent être séparées à l'état de solution aqueuse ; elles se conservent même dans les parties de végétaux qui les renferment, à la condition que ces parties soient desséchées à basse température ; elles

sont détruites lorsqu'on porte leurs solutions à l'ébullition : elles sont donc en tout point comparables aux ferments solubles hydratants dont j'ai parlé ci-dessus, de sorte qu'on peut les ranger dans un même groupe de substances chimico-biologiques et les désigner sous le nom de *ferments solubles oxydants*, expression qui rappelle leur mode d'action, par lequel ils diffèrent des ferments solubles hydratants.

Au cours de mes recherches sur les ferments hydratants des Champignons, j'avais eu l'occasion d'observer certains phénomènes, tels que des colorations, des précipitations de matières résineuses dans des liquides primitivement limpides et incolores, qui ne pouvaient s'expliquer que par des oxydations. Ces observations m'ont amené à rechercher dans les champignons les substances oxydantes de Schœnbein.

Il s'est trouvé que les champignons renferment un ferment oxydant plus puissant que ceux des plantes phanérogames et capable d'oxyder certains corps sur lesquels ces derniers sont sans action. J'ai constaté que ce ferment oxydant des Champignons détermine l'oxydation des composés phénoliques : *phénols*, *éthers des phénols*, *amines aromatiques*, avec une puissance comparable à celle des oxydants employés couramment dans l'industrie des matières colorantes. Les produits d'oxydation sont d'ailleurs presque toujours colorés et leur coloration diffère d'un composé à l'autre, même lorsqu'il s'agit de corps isomères, de sorte que le ferment oxydant des champignons pourra servir, dans certains cas, de réactif différentiel.

La production de ces produits colorés inspire d'autres réflexions ; elle permet de supposer que les couleurs si variées des champignons et, même, pour parler plus généralement, des fleurs et des fruits des phanérogames, sont dues, au moins pour la plupart, à des réactions oxydantes analogues à celles que j'ai déterminées artificiellement. En tout cas, il n'est plus douteux aujourd'hui que les colorations bleues, noires, jaunes, rouges,etc., qui se produisent lorsqu'on coupe certains champignons dans l'air, sont dues à l'action du ferment oxydant sur une substance chromogène particulière que renferme chacun de ces champignons. C'est ainsi qu'on voit bleuir les *Boletus cyanescens*, *erythropus*, *purpureus*, etc., rougir, puis noircir le *Russula nigricans*, les *Boletus aurantiacus* et *strobilaceus*, rougir les *Stereum sanguinolentum* et *crustulatum*, jaunir le lait des *Lactarius theiogalus* et *scrobiculatus*, devenir violet le lait des *Lactarius uvidus* et *flavidus*, etc., etc.

Enfin, réfléchissant aux combinaisons qui peuvent résulter de l'action successive des ferments hydratants et des ferments oxydants dans les êtres vivants, j'ai supposé que cette action devait être l'origine d'un certain nombre de principes immédiats, renfermés dans les tissus. C'est ainsi, en effet, que si l'on fait agir d'abord l'émulsine sur la salicine, puis un ferment oxydant peu actif sur les produits de dédoublement de la salicine, on voit se former, au bout de quelque temps, de l'aldéhyde salicylique, résultant de l'oxydation de l'alcool salicylique mis en liberté dans la première réaction.

Il y a là une voie ouverte à l'expérimentation et il ne me paraît pas douteux que ceux qui la suivront découvrent des faits intéressants.

Titre IV
Physiologie et chimie des sucres et des hydrates de carbone.

On sait que les ferments solubles ont été classés en plusieurs groupes d'après la nature des corps sur lesquels ils exercent leur action. On peut citer comme le plus important de ces groupes celui qui comprend les ferments solubles qui agissent sur les hydrates de carbone (polyglucoses sucrés tels que le sucre de canne, et polyglucoses plus condensés tels que l'amidon).

Dans mes premières recherches, j'avais principalement étudié l'action des ferments qui composent ce groupe ; on conçoit donc que mon attention ait été attirée spécialement sur les corps qu'ils hydrolysent, c'est-à-dire sur les hydrates de carbone sucrés et non sucrés. C'est là, en effet, ce qui m'a amené à m'occuper spécialement des propriétés chimiques et physiologiques des hydrates de carbone en général, et des matières sucrées en particulier.

L'une des matières sucrées les plus importantes au point de vue biologique est certainement le maltose. Le maltose, en effet, prend naissance toutes les fois que la diastase agit sur l'amidon et le glycogène; il peut donc se rencontrer chez tous les végétaux à chlorophylle, lesquels, comme on sait, produisent de l'amidon, ainsi que chez tous les animaux, puisque ces derniers élaborent du glycogène Aussi est ce sur le maltose qu'ont porté, en premier lieu, mes investigations.

Le maltose est un biose, c'est-à-dire un sucre isomère du sucre de canne. Or Cl. Bernard avait établi que, pour être assimilable, c'est-à-dire pour pouvoir être utilisé par les êtres vivants, le sucre de canne doit être préalablement dédoublé en ses composants : glucose et lévulose ; il avait

établi en outre que ce dédoublement est déterminé chez les animaux et chez les végétaux par un ferment soluble, *l'invertine.* Il y avait donc lieu de se demander 1° si le maltose, si semblable au sucre de canne, est un sucre assimilable directement ou non, 2° s'il existe un ferment soluble capable de le dédoubler en ses composants (deux molécules de glucose), et, 3° le cas échéant, si ce ferment existe chez les animaux et chez les végétaux.

Déjà, d'ailleurs, à l'époque où j'ai commencé mes recherches sur cette question, quelques travaux avaient été faits — mais uniquement sur des animaux — qui avaient résolu la question dans le sens affirmatif pour ces animaux. J'ai répété et confirmé les expériences de mes devanciers, puis, étendant mes recherches à la physiologie végétale, j'ai établi que les moisissures capables de vivre sur une solution de maltose, comme l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium glaucum*, secrètent un ferment soluble hydrolysant du maltose. Ce ferment, je l'ai séparé et l'ai désigné sous le nom de *maltase.*

Cependant, en étudiant la fermentation alcoolique du maltose par la levure de bière, j'avais remarqué que, à aucun moment de cette fermentation, on ne trouve de glucose dans la liqueur, comme si le maltose était détruit directement. D'autre part, on n'avait jamais réussi à retirer de la levure un ferment hydrolysant du maltose. La levure, comme je l'ai pensé tout d'abord, faisait-elle donc exception à la loi générale ? Il n'en est pas ainsi,et j'ai pu montrer par des expériences indirectes que la levure se sert bien, comme les autres végétaux, d'un ferment qui dédouble le maltose. J'ajouterai que le fait a été confirmé récemment par M. Em. Fischer.

Ces résultats m'encouragèrent à entreprendre l'étude d'un autre biose, le *trehalose*, dont personne ne s'était encore occupé au point de vue physiologique.

Le tréhalose est aussi un isomère du sucre de canne, et, sous l'influence des acides minéraux étendus bouillants, il donne du dextrose, comme le maltose. Il existe en assez forte proportion dans une sorte de manne, appelée *tréhala*, manne qui est vendue sur les marchés en Syrie,et,utilisée pour sucrer les patisseries ou pour faire des potages à la manière du tapioca. C'est dans cette manne que M. Berthelot l'a découvert en 1857, quelques mois avant que Mitscherlich ne retirât de l'ergot de seigle cette matière sucrée à laquelle le chimiste allemand a donné le nom de *Mycose.*

Seize ans plus tard, M. Müntz démontrait l'identité du mycose et du

tréhalose, en même temps qu'il réussissait à extraire ce sucre d'une douzaine d'espèces de Champignons.

J'aurais pu, pour mes recherches, me servir du tréhalose du tréhala ; mais j'ai préféré essayer tout d'abord de l'extraire moi-même des Champignons, supposant que j'aurais, au cours de mes tentatives, l'occasion de faire des observations profitables à la physiologie.

Ces recherches m'ont entraîné beaucoup plus loin que je ne le prévoyais ; elles m'ont occupé pendant ces dix dernières années.

Je n'ai pas analysé moins de 212 espèces de Champignons, appartenant à 51 genres ou sous-genres différents, et j'ai constaté que la présence du tréhalose, au lieu d'être exceptionnelle, comme on le supposait, était, au contraire, à peu près générale chez ces végétaux, puisque j'en ai extrait de 142 espèces. J'en ai même retiré d'espèces qu'on avait analysées autrefois à plusieurs reprises, et dans lesquelles on ne l'avait pas trouvé (exemple : *Lactarius piperatus* Scop.)

Ces résultats tenaient, sans doute, pour une partie, aux perfectionnements que j'ai apportés à la méthode d'analyse ; mais ils sont dus surtout à quelques-unes de ces obserbations dont je viens de parler, qui m'ont amené à n'employer, dans mes expériences, que des Champignons frais, récemment récoltés et relativement jeunes, au lieu de champignons quelconques, desséchés à l'air ou à l'étuve, comme on l'avait fait avant moi.

J'ai observé, en effet, 1° *que le trehalose disparait rapidement dans les champignons recoltés, qu'on les conserve frais ou qu'on les fasse dessécher à basse temperature, et qu'il est remplace par de la mannite et du dextrose;* 2° *que le trehalose n'apparaît dans les champignons que lorsque ceux-ci commencent à produire des spores, et qu'il disparait peu à peu pendant la maturation ;* 3° *que la formation du trehalose — chez les grands Champignons — a lieu dans le tissu plus particulièrement vegétatif du pied et non dans l'hymenophore.*

La première de ces observations a, semble-t-il, une portée générale ; car ce qui se passe pour le tréhalose, chez les champignons, doit se passer pour d'autres composés, chez d'autres végétaux. Elle laisse supposer que, souvent, lorsque nous analysons des végétaux desséchés, les principes que nous isolons ne sont pas des principes existant dans la plante vivante, mais des corps provenant de l'action réciproque de composés qui se mélangent à la faveur de la mort des tissus. Pour comprendre qu'il en est fréquemment ainsi, il suffit de songer aux réactions déterminées par les ferments hydratants

et oxydants, ferments qui, bien que dérivant d'organismes vivants, continuent à agir après la mort.

Si donc nous voulons connaître les principes immédiats que renferme l'être vivant, afin de rechercher ensuite le rôle de ces principes dans la vie, il faut, avant l'analyse, anéantir tout ce qui peut les modifier. Et c'est pour cela que, dans mes expériences, les champignons étaient toujours jetés vivants et frais dans l'alcool bouillant. Tous les ferments connus ou inconnus se trouvaient ainsi détruits et l'on n'avait plus rien à redouter de leur action.

C'est en appliquant cette méthode aux plantes phanérogames que j'ai découvert récemment, dans le *Monotropa Hypopitys*, un glucoside et un ferment de ce glucoside.

Mais, puisque le tréhalose n'apparaît que dans une certaine période de la vie du champignon, de quelle substance préexistante tire-t-il son origine? Et, puisqu'il disparaît dans une autre période, en quoi se transforme-t-il, et quel est l'agent de cette transformation?

De ces trois questions, les deux dernières seules sont résolues. De même qu'il existe un ferment soluble hydrolysant du maltose, de même, comme je l'ai déjà dit plus haut, il existe un ferment soluble hydrolysant du tréhalose. Ce dernier ferment se rencontre dans les champignons et, grâce à lui, chez ces végétaux, le tréhalose peut être transformé en dextrose, sucre utilisable.

Il est d'ailleurs vraisemblable qu'on trouvera ultérieurement que le tréhalose provient, par hydrolyse, d'un hydrate de carbone plus condensé, emmagasiné dans le pied du champignon sous forme de réserve, de la même façon que le maltose tire son origine de l'amidon. La ressemblance entre les deux sucres est si grande qu'on ne peut s'empêcher de les rapprocher dans leurs propriétés physiologiques. A cet égard, le tableau suivant parlera davantage à l'esprit que tous les développements qu'on pourrait donner à la question.

Amylase	Amidon Maltose	*Ferment inconnu*	Hydrate de carbone inconnu. Tréhalose.
Maltase	Maltose Dextrose	*Tréhalase*	Tréhalose. Dextrose.

Il montre que, pour compléter l'histoire physiologique du tréhalose, ou du moins pour l'amener au point où en est celle du maltose, il nous

reste à trouver un hydrate de carbone et le ferment hydrolysant de cet hydrate de carbone, si toutefois les analogies sont celles que je suppose.

Quoiqu'il en soit, à la suite de mes recherches sur le maltose et le tréhalose, rapprochant les faits découverts par moi de ceux que Cl. Bernard nous avait fait connaître sur le sucre de canne, j'ai cru, dans une conférence faite en 1893 au Laboratoire de M. le Professeur Friedel, pouvoir énoncer la loi suivante :

Les bioses ne sont pas des sucres directement assimilables. Pour être utilisés par l'organisme, il faut qu'ils soient, au préalable, transformés en glucoses. Cette transformation est toujours déterminée chez les êtres vivants par un ferment soluble.

Il me semble aujourd'hui que cette loi doit être formulée d'une façon plus générale, car elle me paraît s'appliquer aux hydrates de carbone plus condensés que les bioses.

Du moins, les recherches que j'ai publiées : 1° sur l'hydrolyse de l'inuline par l'inulase et sur la présence de l'inulase dans les moisissures ; 2° sur l'hydrolyse du raffinose et du mélézitose (deux trioses) par les ferments solubles de l'*Aspergillus niger* viennent à l'appui de cette manière de voir.

Tous mes autres travaux sur les hydrates de carbone ont, comme on le verra plus loin, des rapports plus ou moins étroits avec ceux que je viens de résumer. Je me contenterai de faire remarquer ici que je me suis occupé, dans ces travaux, des hydrates de carbone les plus connus : amidon, lactose, galactose, arabinose.

J'ajouterai que, au cours de mes analyses de Champignons, j'ai découvert, dans un Lactaire, le *Lactarius volemus*, et étudié un sucre nouveau, que j'ai appelé *volémite*. Ce sucre, d'après M. Emile Fischer, est une heptite, c'est-à-dire un sucre dont la formule est $C^7 H^{16} O^7$. On ne connaissait, avant cette découverte, qu'une seule heptite naturelle ; la volémite en constitue une seconde.

Titre V

Fermentations déterminées par les ferments figurés.

Ce sont encore mes recherches sur la physiologie du maltose qui m'ont amené à m'occuper des fermentations déterminées par les ferments figurés. Il m'avait paru intéressant, en effet, de faire, sur un mélange de maltose et d'un autre sucre, des expériences analogues à celle de Dubrunfaut sur le sucre interverti, qui est un mélange de glucose et de lévulose.

On sait que ce chimiste a observé que, dans la fermentation alcoolique de ce dernier mélange, le glucose disparaît le premier, et qu'il a créé, pour définir cette particularité, l'expression de « *fermentation élective* ». Y aurait-il aussi fermentation élective en remplaçant le glucose du mélange glucose-lévulose par du maltose ? Et, alors, quel serait, des deux sucres, le premier consommé ? Telles sont les deux questions que je m'étais proposé de résoudre.

Les résultats de mes expériences, plus complexes que ne le faisaient prévoir les faits connus, m'ont conduit à reprendre les expériences de Dubrunfaut sur la fermentation du sucre interverti. Il s'est trouvé finalement que la levure ne consomme pas les sucres successivement, mais simultanément. Seulement, dans les conditions ordinaires, pour le sucre interverti, le glucose est consommé d'abord beaucoup plus rapidement que le lévulose ; les proportions consommées de chacun des deux sucres variant, d'autre part, avec la température, la concentration des sucres et la présence ou l'absence d'alcool.

Ces recherches ne sont pas les seules que j'ai faites sur les fermentations ; j'en ai fait d'autres sur la fermentation lactique du sucre de canne et du maltose, ainsi que sur la fermentation alcoolique du galactose.

Dans ces dernières, j'ai observé un fait assez curieux. Tandis que du galactose ne fermente pas au contact de la levure de bière (levure du commerce lavée et essorée) s'il est chimiquement pur, il fermente complètement au contact de cette même levure, si l'on ajoute à la solution une minime quantité de l'un des sucres suivants : glucose, lévulose, maltose. Il semble que la destruction de ces sucres *auxiliaires* communique à la levure une énergie suffisante pour qu'elle puisse ensuite décomposer le galactose.

A l'époque où j'ai fait cette observation, on ne connaissait rien d'analogue dans la science.

Les recherches dont il me reste à parler, doivent être séparées de celles que je viens d'exposer, lesquelles, comme on a pu le voir, découlent les unes des autres. Je ferai remarquer cependant qu'elles ont été entreprises, pour la plupart, dans le but d'élucider quelque question qui m'avait frappé en effectuant ces dernières.

Elles ont été divisées en quatre groupes, d'après la science à laquelle on peut les rapporter.

Titre VI


Recherches diverses de chimie physiologique

J'ai rapproché dans ce groupe un certain nombre de recherches ressortissant à la chimie physiologique. Les unes se rapportent encore à la composition chimique des Champignons ; telles sont mes recherches sur la présence du chlorure de potassium et de la tyrosine dans les Champignons. Les autres ont trait à la biologie des animaux et des végétaux supérieurs.

Titre VII

Hygiène.

C'est tout à fait incidemment que je me suis occupé de questions se rapportant à l'hygiène : la première fois, il y a 11 ans, lorsque M. Galippe et moi nous avons étudié le fonctionnement des filtres en terre poreuse, et dans ces trois dernières années à l'occasion d'empoisonnements par les Champignons survenus en divers points de la France.

Il me sera permis de rappeler ici que, les premiers, M. Galippe et moi, nous avons établi que, dans certaines conditions, les filtres en terre poreuse, quel que soit leur mode de fabrication, sont traversés par les bactéries et, même, par les filaments mycéliens des moisissures. Notre observation, d'abord révoquée en doute, a été finalement reconnue exacte, et l'un des expérimentateurs qui l'ont confirmée terminait récemment son mémoire sur ce sujet par cette conclusion sur laquelle il est inutile d'insister que « *en cas d'épidémie surtout, les filtres en porcelaine pourraient constituer un oreiller de securité fort trompeur* » (Freudenreich).

En ce qui concerne les empoisonnements par les Champignons, il est bien connu que ce qui fait défaut dans la presque totalité des relations, même médicales, de ces empoisonnements, c'est la détermination botanique *exacte* des espèces qui les ont causés.

Le public reste ainsi dans l'incertitude, quand il n'est pas induit en erreur ; et, même là où s'est produit un empoisonnement grave, il n'en résulte aucun enseignement pour l'avenir.

Deux fois je me suis trouvé assister, pour ainsi dire, à des empoisonnements par les Champignons. J'en ai profité, pour faire, sur ces empoisonnements, une enquête immédiate. Dans les deux cas, j'ai réussi à retrouver et à déterminer exactement l'espèce toxique.

A Jurançon (1892), l'empoisonnement portait sur 5 personnes; ces 5 personnes ont succombé. Le champignon était l'*Amanita phalloides*.

A Bois-le-Roi (1896), l'empoisonnement portait sur une seule personne qui, après avoir été fortement secouée, s'est remise complètement. Il s'agissait de l'*Amanita muscaria*.

Titre VIII Anatomie végétale

Deux mémoires seulement se trouvent réunis sous ce titre. Ils ont trait aux champignons.

Titre IX Pharmacie

On a créé, il y a quelques années, l'expression de *réaction d'identité* d'un médicament, par laquelle on désigne une réaction simple, particulière à ce médicament. Une telle réaction doit permettre au pharmacien de s'assurer immédiatement, si le médicament qu'il a entre les mains, ou qu'il vient de recevoir de la droguerie est bien celui qu'indique l'étiquette Ainsi, lorsqu'on touche de l'extrait de cubèbe avec un agitateur trempé dans l'acide sulfurique concentré, il se fait une coloration rouge pourpre. C'est là une réaction d'identité de l'extrait de cubèbe, car elle est caractéristique de cet extrait.

Beaucoup de réactions d'identité sont aujourd'hui inscrites dans les Pharmacopées étrangères à la suite des médicaments qu'elles caractérisent. Il n'y en a pas dans la Pharmacopée française, du moins dans la partie consacrée aux médicaments galéniques.

Ce n'est pas à dire pour cela que ces sortes de réactions ne puissent être utiles aux pharmaciens français, car, en France aussi bien qu'à l'étranger, les pharmaciens tirent nombre de préparations pharmaceutiques de la droguerie.

En publiant les premières recherches que j'ai faites sur ce point, sous le titre : *Réactions d'identité de quelques médicaments galéniques officinaux*, j'ai voulu attirer spécialement l'attention des pharmacologistes français sur l'importance de ces réactions. J'ai tout lieu de penser que j'ai réussi, puisque dans un congrès récent de chimie, la question a été mise à l'ordre du jour.

Mes autres travaux de pharmacie sont surtout des travaux de révision ou de critique, comme on pourra le voir à la lecture des titres qui se trouvent inscrits dans la seconde partie de cet exposé.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

I. — Travaux relatifs à l'étude de la digestion

1. — Recherches sur la digestion des matières amylacées chez les Mollusques Céphalopodes (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, XCIII, p. 978, 1881, et *Thèse de Pharmacie*, *Archives de zoologie expérimentale*, 1re série, X, p. 385, 1882).

2. — Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Mollusques Céphalopodes (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, XCV, p. 1174, 1882, et *Thèse de Doctorat ès-sciences naturelles, Archives de Zoologie expérimentale*, 2e série, III, p. 1, 1885).

3. — De la diastase chez les animaux invertébrés (*Journ. des Connaissances médicales*, 1882).

4. — Les phénomènes de la digestion chez les animaux invertébrés (*Revue Scientifique*, XXXI, p. 785, 1883).

5. — La digestion des matières grasses (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XII, p. 530, 1885).

II. Ferments solubles hydratants

6. — Sur les propriétés de l'invertine (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, VII, p. 131, 1883).

7. — Sur les caractères pouvant servir à distinguer la pepsine de la trypsine (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, X, p. 177, 1884).

8. — Sur la recherche de la trypsine (*Société de Biologie*, 10e série, I, p. 417, 1894).

9. — Sur les caractères de l'affaiblissement de la diastase sous l'action de la chaleur (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CIV, p. 576, 1887).

Ce travail a été publié *in extenso* dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, I, p. 337, 1887.

10. — Sur un ferment soluble nouveau, la *tréhalase*, dédoublant le tréhalose en glucose (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXVI, p. 826, 1893).

11. — Inulase et fermentation alcoolique de l'inuline (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXVI, p. 1143, 1893 et *Société de Biologie*, 9e série, V, p. 481, 1893).

12. — Remarques sur les ferments solubles secrétés par l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium glaucum* (*Societé de Biologie*), 9e série, V, p. 653, 1893).

13. — Transformation du tréhalose en glucose dans les champignons par un ferment soluble (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, IX, p. 189, 1893).

14. — Présence et rôle d'un ferment analogue à l'émulsine dans quelques champignons parasites des arbres ou vivant sur le bois (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXVII, p. 383, 1893, et *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, X, p. 49, 1894).

15. — Sur l'époque de la formation des divers ferments de l'*Aspergillus niger* (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 1893, 1re partie, p. 236.

16. — Les ferments solubles de l'*Aspergillus niger* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, IX, p. 230, 1893).

17. — Maltase et fermentation alcoolique du maltose (*Société de Biologie*, 10e série, II, p. 512, 1895, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, II, p. 97, 1895).

18. — Action de l'émulsine de l'*Aspergillus niger* sur quelques glucosides [en collaboration avec M. Hérissey] (*Société de Biologie*, 10e série, II, p. 578, 1895, et *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XI, p. 19, 1895).

19. — Sur les propriétés de l'émulsine des Champignons [en collaboration avec M. Hérissey] (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXXI, p. 693, 1895, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, II, p. 435, 1895).

20. — Les ferments solubles du *Polyporus sulfureus* [en collaboration avec M. Hérissey] (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XI, p. 325, 1895).

21. — Sur quelques points relatifs à la physiologie du *Penicillium Duclauxi*, Delacr. [en collaboration avec M. Graziani] (*Société de Biologie*, 9e série, III, p. 853, 1891, et *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 147, 1892).

22. — Sur la présence dans le *Monotropa Hypopitys* d'un glucoside de l'éther méthylsalicylique et sur le ferment soluble hydrolysant de ce glucoside (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXXII, p. 1002, 1896, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, III, p. 577, 1896).

III. — Ferments solubles oxydants.

23. — Les ferments oxydants dans les Champignons [en collaboration avec M. G. Bertrand] (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXXI, p. 783, 1895 et *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XII, p. 18, 1896).
Le travail se trouve *in extenso* dans cette dernière publication.

24 — Le bleuissement et le noircissement des Champignons [en collaboration avec M. G. Bertrand] (*Société de Biologie*, 10e série, II, p. 582, 1895).

25. — Sur la coloration des tissus et du suc de certains Champignons au contact de l'air [en collaboration avec M. G. Bertrand] (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XII, p. 27, 1896, et *Journ. de Pharm. et Chimie*, 6e série, III, p. 177, 1896).

26. — Action successive d'un ferment soluble hydratant et d'un ferment soluble oxydant (*Société de Biologie*, 10e série, III, p. 314, 1896).

27. — Nouvelles recherches sur les ferments oxydants des Champignons. — I. Propriétés générales (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, IV, p. 145, 1896).

28. — Influence de la réaction du milieu sur l'action du ferment oxydant des Champignons (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXXIII, p. 260, 1896).

29. — Des composés oxydables sous l'influence du ferment oxydant des Champignons (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXXIII, p. 315, 1896).

30. — Action du ferment soluble oxydant des Champignons sur les

phénols insolubles dans l'eau (*Comptes-rendus, Ac. des Sciences*, CXXIII, p. 423, 1896).

31. — Nouvelles recherches sur le ferment oxydant des Champignons. — II. Son action sur les phénols (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6ᵉ série, IV, p. 241, 1896).

IV. — Travaux relatifs à la physiologie et à la chimie des sucres et des hydrates de carbone

Beaucoup de ces travaux ont été entrepris dans le but d'élucider la question de la Physiologie des hydrates de carbone chez les Champignons ; ils sont réunis dans une première section. Les autres constituent une deuxième section.

1ʳᵉ SECTION

32. — Sur les matières sucrées contenues dans les Champignons du genre *Lactarius* Fr. (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CVIII, p. 568, 1889, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5ᵉ série, XIX, p. 369, 1889).

Ce travail a été publié *in extenso* dans le *Bulletin de la Société mycologique de France*, V, p. 132, 1889.

33 — Les matières sucrées chez les Bolets (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXI, p. 578, 1890).

Ce travail a été publié *in extenso* dans le *Bulletin de la Société mycologique de France*, VI, p. 150, 1890; et en partie aussi, avec le titre : Sur la nature et les proportions des matières sucrées contenues dans les Champignons à différents âges, dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 5ᵉ série, XXII, p. 497, 1890.

34. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Agaricus* L. (1ʳᵉ série) (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VI, p. 185, 1890).

35. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Cantharellus* Ad. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 50, 1891).

36. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Russula* Pers. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 50, 1891).

37. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Hygrophorus* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 51, 1891).

38. — Les matières sucrées contenues dans les Champignons *Ascomycètes* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 121, 1891).

39. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Agaricus* L. (2ᵉ série) *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 185, 1891).

40. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Agaricus* L. (3e série) (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 222, 1891).

41. — Les matières sucrées chez les espèces des genres *Bolbitius* Fr. et *Coprinus* Pers. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII. p. 227, 1891).

42. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Cortinarius* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, 228, 1891).

43. — Les matières sucrées chez les espèces des genres *Hydnum* L. et *Clavaria* Vaill. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 231, 1891).

44. — Les matières sucrées chez les espèces du genre *Paxillus* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 29, 1892).

45. — Les matières sucrées chez les Champignons *Gasteromycètes* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 31, 1892).

46. — Nouvelles recherches sur les matières sucrées contenues dans les Champignons :

(1) *Ascomycètes* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 196, 1892).

(2) *Hyménomycètes* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 201, 1892).

47. — Nouvelles recherches sur les matières sucrées contenues dans les Champignons :

(1) Genres *Gomphidius* Fr. et *Cortinarius* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, IX, p. 51, 1893).

(2) Genre *Agaricus* L. (4e série) (*Bulletin de la Soc. mycologique de France* IX, p. 56, 1893).

(3) Conclusions (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, IX, p. 60, 1893).

Toutes ces notes (de 32 à 48) ont été réunies en une brochure de 104 pages.

48 — Sur la présence et la disparition du tréhalose dans les Champignons (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXI, p. 534, 1890, et *Société de Biologie*, 9e série, II, p. 522, 1890).

49. — Sur la présence et la disparition du tréhalose dans l'Agaric poivré (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 5, 1891).

50. — Sur la présence d'une matière analogue à l'amidon dans le *Boletus pachypus* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VII, p. 155, 1891).

51. — Répartition des matières sucrées dans le cèpe comestible et le cèpe orangé (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXIII, p. 749, 1891).

Ce travail a été publié *in extenso* dans le *Bulletin de la Société mycologique de France* VIII, p. 13, 1892.

52. — Sur un artifice facilitant la recherche du tréhalose dans les Champignons (*Société de Biologie*, 9e série, III, p. 788, 1891, et *Bulletin de la Soc. mycologique de France* (*in extenso*), VII, p. 208, 1891).

53. — Sur l'époque de l'apparition du tréhalose dans les Champignons (*Journ. de Pharm et de Chimie*, 5e série, XXVII, p. 113, 1893).

Ce travail a été publié *in extenso* dans le *Bulletin de la Société mycologique de France*, IX, p. 11, 1893.

54. — Sur la nature des hydrates de carbone insolubles entrant dans la composition du Lactaire poivré (*Société botanique*, 3e série, I, p. 255, 1894, et *Bulletin de la Soc. mycologique de France*, X, p. 133, 1894).

55. — Sur la présence de la mannite dans le *Peltigera canina* et le *Cladonia rangiferina* (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, 2e partie, p. XXVII, 1892).

56. — Sur la volémite, nouvelle matière sucrée retirée du *Lactarius volemus* Fr. (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, V, p. 159, 1889, et *Journ. de pharm. et de Chimie* (6e série, II, p. 385, 1895).

2e SECTION

57. — Recherches sur les propriétés physiologiques du maltose [1re note] (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*. XCVII, p. 1000, 1883).

58. — Recherches sur les propriétés physiologiques du maltose [2e note] (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, XCVII, p. 1322, 1883).

59. — Sur l'assimilation du maltose [en collaboration avec M. Dastre] (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, XCVIII, p. 1604, 1884).

Ces recherches (57 à 59) ont été publiées *in extenso* dans le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1886, p. 162, 43 pages. Les exemplaires tirés à part sont accompagnés d'une photographie microscopique des cristaux de maltose.

60. — Extraction et dosage du glycogène dans les tissus (*Journ. des Connaissances medicales*, mars 1884).

61. — Sur la préparation du galactose (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XIII, p. 51, 1886).

62. — Sur quelques points relatifs à l'action de la salive sur le grain d'amidon (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CIV, p 71, 1887, et *Société de Biologie*, 8e série, IV, p. 13, 1887).

63. — Sur la composition du grain d'amidon (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CIV, p. 177, 1887, et *Société de Biologie*, 8e série, IV, p. 32, 1887).

64. — Distinction de quelques espèces de sucres à l'aide de la photographie (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, 1887, pp. 200 et 203).

65. — Recherches sur le galactose et l'arabinose (*Association française pour l'Avancement des Sciences*, 1887, p. 338).

66. — Recherches sur l'assimilation du sucre de lait [en collaboration avec M. Troisier] (*Société de Biologie*, 9e série, I, p. 142, 1889).

67. — Documents relatifs au dosage des matières sucrées [en collaboration avec M. Grimbert] (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XIX, p. 465, 1889).

68. — Sur le tréhalose (*Bulletin de la Soc. chimique*, 20 avril 1894).

69. — Action du sérum sanguin sur le glycogène et le maltose [en collaboration avec M. Gley] (*Société de Biologie*, 10e série, p. 247, 1895).

70. — Maltose et tréhalose, étude chimico-physiologique. *Conférence faite en 1893 au laboratoire de M. Friedel* (4e fasc., p. 147, et *Revue scientifique*, 26 oct. 1895).

71. — Remarques sur la consommation du maltose par les êtres vivants (*Société de Biologie*, 10e série, II, p. 474, 1895).

72. — Action du sérum sanguin et de l'urine sur le tréhalose [en collaboration avec M. Gley] (*Société de Biologie*, 10e série, II, p. 515, 1895).

73. — Digestion du tréhalose [en collaboration avec M. Gley] *Soc. de Biologie*, 10e série, II, p. 555, 1895).

74. — Sur l'hydrolyse du raffinose par l'*Aspergillus niger* (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, III, p. 390, 1896).

75.— Sur l'hydrolyse du mélézitoze [en collaboration avec M. Hérissey] (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, IV, 1896).

V. — Travaux relatifs à l'étude des fermentations déterminées par les ferments figurés.

76. — Sur le non-dédoublement préalable du saccharose et du maltose dans leur fermentation lactique (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, VIII, p. 420, 1883).

77. — Sur la fermentation élective d'un mélange de maltose et de

lévulose (*Société de Biologie*, 8e série, II, p. 191, 1885, et *Comptes rendus, Ac. des Sciences*. C, p. 1404, 1885).

78. — Sur la fermentation élective d'un mélange de glucose et de lévulose (*Société de Biologie*, 8e série, II, p. 221, 1885).

79.— Sur la fermentation alcoolique élective, conclusions, (*Société de Biologie*, 8e série, II, p. 356, 1885, et *Comptes rendus, Ac. des Sciences*, C, p. 1466, 1885).

Ces recherches sur la fermentation élective ont fait l'objet d'un mémoire plus étendu publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, IX, p. 245, 1886, sous le titre : Recherches sur la fermentation alcoolique d'un mélange de deux sucres.

80. — Sur la fermentation alcoolique du galactose [Ire note] (*Société de Biologie*, 8e série, IV, p. 698, 1887, et *Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CVI, p. 283, 1888).

81. — Sur la fermentation alcoolique du galactose [2e note] (*Société de Biologie*, 8e série, V, p. 47, 1888).

Ces recherches ont fait l'objet d'un mémoire plus étendu publié dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 5e série, XVIII, p. 337, 1888.

82. — Arrêt de la fermentation alcoolique sous l'influence de substances secrétées par une moisissure (*Aspergillus niger*) [en collaboration avec M. Hérisscy] (*Societe de Biologie*, 10e série, II, p. 632, 1895).

VI. — Recherches diverses de chimie physiologique.

83. — Examen chimique et physiologique du suc gastrique (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XVII, p. 367, 1888).

84. — Présence du chlorure de potassium dans quelques espèces de Champignons (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, X, p. 88, 1894).

85. — Sur la présence de l'éther méthylsalicylique dans quelques plantes indigènes (*Comptes rendus, Ac. des Sciences*, CXIX, p. 802, 1894 ; *Bulletin de la Soc. botanique*, 3e série, I, p. XXXVII, 1894, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XXX, p. 433, 1894).

86. — Propriétés d'un liquide considéré comme provenant d'une fistule pancréatique chez l'homme [en collaboration avec M. Gley] (*Société de Biologie*, 10e série, II, 1895, p. 238, et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, I, p. 441, 1895).

87. — Recherche de la tyrosine dans quelques champignons [en collaboration avec M. Harlay] (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XII, p. 153, 1896.

VII. — Hygiène

88. — Sur l'emploi des filtres en terre poreuse pour la stérilisation à froid des liquides organiques [en collaboration avec M. Galippe] (*Société de Biologie*, 8ª série, II, p. 111 et 120, 1885).

89. — Puissance de pénétration des filaments mycéliens de divers champignons (*Penicillium*, *Aspergillus*) à travers les bourres de coton stérilisé et les bougies-filtres en terre poreuse [en collaboration avec M. Galippe] (*Société de Biologie*, 8e série, II, p 605, 1885).

90. — Sur un empoisonnement par les champignons survenu à Jurançon (Basses-Pyrénées) le 16 septembre 1892 (*Amanita phalloides* Fr.) (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, VIII, p. 162, 1892).

91.— Remarques à propos de l'empoisonnement par les Champignons de Plancher-les-Mines (Haute-Saône) (*Amanita pantherina*) (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, X, p. 90, 1896).

92. — Sur un cas d'empoisonnement par l'*Amanita muscaria* survenu à Bois-le-roi, le 6 septembre 1896 (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, XII, p.148, 1896).

93. — Action de l'acide carbonique sur les microbes (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, XXII, p. 181, 1886).

VIII.— Anatomie végétale

94.— De l'application des procédés photographiques à la représentation des Champignons (*Bulletin de la Soc. mycologique de France*, III, p. 185, 1887).

95. — Note sur le réseau et les squames du pied des Bolets [en collaboration avec M. L. Arnould] (*Bulletin de la Soc mycologique de France*, IX, p. 76, 1893).

IX. — Pharmacie

96.— Les microbes de la fermentation alcoolique du lait: le képhir. — Lecture faite à la séance annuelle de la Société de Pharmacie de Paris

le 6 janvier 1886 (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XIII, p. 232, et *Revue scientifique*, 3e série, XI, p. 172, 1886).

97. — Gazes et ouates antiseptiques (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XXVII, p. 249, 1893).

98. — La nouvelle Pharmacopée suisse (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 5e série, XXIX, p. 298, 372 et 452, 1894).

99. — Le sirop d'iodure de fer (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, I, p. 170, 1895).

100. — Réactions d'identité de quelques médicaments galéniques (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série. I, p. 361, 1895).

X. — Publications scientifiques

I. — **Des fermentations et de leurs produits utilisés en pharmacie**, Thèse d'agrégation (1 vol. in-8o, H. Welter, Paris, 1889).

II. — **Les fermentations déterminées par les ferments figurés** (1 vol. in-16 ; Société d'éditions scientifiques, Paris, 1894).

III. — **Les ferments solubles ; diastases-enzymes** (1 vol. in-16 ; Société d'éditions scientifiques, Paris 1896).

IV. — **Bulletin de la Société mycologique de France.** — Pendant trois ans, 1890, 1891 et 1892, M. Bourquelot a dirigé cette publication qui est devenue trimestrielle entre ses mains. Outre les mémoires originaux dont il a été question ci-dessus, M. Bourquelot a inséré et continue à insérer dans ce Bulletin diverses notes dans le but de faire connaître aux lecteurs les travaux publiés à l'étranger sur les propriétés chimiques, alimentaires et toxiques des Champignons. A citer : *Sur la composition chimique du* Polyporus officinalis Fr., d'après Schmieder, t. III ; *Les Champignons au marché d'Iena en 1888, 1889 et 1891*, d'après Em. Pfeiffer, t. VI et VIII ; *Les matières toxiques des champignons vénéneux*, d'après Kobert, t. VIII ; *Empoisonnements par les champignons survenus à Munich en 1894*, t. XI ; etc., etc.

M. Bourquelot a publié, en outre, dans ce Bulletin, divers rapports, tels que : *Rapport sur les excursions faites par la Société mycologique de*

France et la Societe d'Histoire naturelle des Ardennes pendant la session tenue à Charleville en septembre 1895.

V. — **Journal de Pharmacie et de Chimie.** — Depuis 1888, M. Bourquelot analyse dans ce recueil les travaux de pharmacie et de chimie physiologique publiés par les journaux allemands suivants :

1. *Zeitschrift für physiologische Chemie.*
2. *Archiv der Pharmacie.*
3. *Apotheker Zeitunq.*
4. *Pharmaceutische Zeitung.*
5. *Pharmaceutische Centralhalle.*
6. *Pharmaceutische Post.*
7. *Pharmaceutische Zeitschrift für Russland.*
8. *Pharmaceutische Wochenschrift.*

Tous les mois, il présente au lecteur, sous le titre *Médicaments nouveaux*, les substances que les recherches de laboratoire et quelquefois aussi, il faut le dire, l'amour du lucre introduisent dans la thérapeutique. Le chiffre des médicaments qu'il a ainsi décrits depuis 1888, dépasse 250; il peut donner une idée des difficultés que présente de plus en plus l'exercice de la pharmacie.

VI. — M. Bourquelot a également publié plusieur articles dans la **Revue scientifique** (*Microbe du lait bleu — Migration des tænias — Un désinfectant merveilleux au XVIII[e] siècle*) ; les **Archives slaves de Biologie** et les **Archives de zoologie expérimentale.**

VII. — L'**Année Biologique** (*Comptes-rendus annuels des travaux de Biologie générale*), fondée par M. Yves Delage.

M Bourquelot a rédigé pour cette revue (1895) l'article *Ferments solubles.*

VIII. — Enfin M. Bourquelot a rédigé jusqu'ici pour le **Dictionnaire de Physiologie** de M. le Prof. Ch. Richet, les articles suivants:

1. *Achroodextrines.*
2. *Acide agaricique.*
3. *Champignons.*

Recherches publiées pendant l'impression de la notice

101. — Sur un nouvel empoisonnement par l'*Amanita phalloides* (*Bull. de la Soc. mycologique de France*, XII, p. 167, 1896).

102. — Nouvelles recherches sur le ferment oxydant des Champignons. — III. Son action sur quelques dérivés éthérés des phénols (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, IV, p. 440, 1896).

103. — Sur quelques propriétés des solutions aqueuses chloroformées de ferment oxydant des Champignons, et sur la durée de l'activité de ces solutions. (*Société de Biologie*, 10e série, III, p. 893, 1896).

104. — Sur l'emploi du gaïacol comme réactif des ferments oxydants (*Société de Biologie*, 10e série, III, p. 896, 1896).

105. — Ferments solubles oxydants et médicaments (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, IV, p. 481, 1896).

Lons-le-Saunier. Imprimerie Lucien Declume, rue du Commerce, 55.

SUPPLÉMENT

A LA LISTE DES TRAVAUX ORIGINAUX PUBLIÉE EN 1896

106.— Sur l'identité de la diastase (amylase) chez les différents êtres vivants (*Société de Biologie*, 8e série, II, p. 73, 1885).

107. — Nouvelles recherches sur le ferment oxydant des Champignons. — IV. Son action sur les amines aromatiques (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, V, p. 8, 1897).

108. — Sur la présence de ferments oxydants dans quelques substances médicamenteuses (*Société de Biologie*, 10e série, IV, p. 25, 1897).

109. — Sur l'origine de la coloration de certaines gommes (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, V, p. 164, 1897).

110. — Sur la présence générale, dans les Champignons, d'un ferment oxydant agissant sur la tyrosine; mécanisme de la coloration du chapeau de ces végétaux (*Bull. de la Soc. mycologique de France*, XIII, p. 65, 1897).

111. — Remarques sur les matières oxydantes que l'on peut rencontrer chez les êtres vivants (*Société de Biologie*, 10e série. IV, p. 402, 1897 et *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6e série, V. p. 465, 1897).

112. — Sur quelques propriétés du carmin d'indigo, qui le rapprochent des ferments oxydants naturels (*Société de Biologie*, 10e série, IV, p. 453, 1897).

113. — Sur la durée de l'activité des solutions de ferment oxydant des Champignons dans la glycérine (*Société de Biologie*, 10e série, IV, p. 454 1897).

114. — Sur quelques nouvelles réactions de l'acide cyanhydrique ; influence de cet acide et de la chaleur sur l'action oxydante du sulfate de cuivre [en collaboration avec M. J. Bougault] (*Société de Biologie*, 10e série, IV, p. 498, 1897).

RÉSUMÉ

DES

PRINCIPAUX TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE M. EM. BOURQUELOT.

I. — Travaux relatifs à l'étude de la digestion.

Recherches sur les phenomènes de la digestion chez les Mollusques céphalopodes (**1**, **2** et **3**). — Mes premières recherches sur la digestion des céphalopodes ont été publiées en 1881. A cette époque la question avait déjà attiré l'attention de plusieurs expérimentateurs. Krukenberg, puis L. Frédéricq avaient étudié l'action digestive de la secrétion du foie de ces animaux sur l'empois d'amidon et sur la fibrine; Jousset de Bellesme avait étudié celle des glandes salivaires et du foie sur l'amidon cru et sur la substance musculaire; enfin, Paul Bert avait signalé quelques faits intéressants relativement au mécanisme de la digestion chez la Seiche.

Le sujet n'était pas, pour cela, épuisé. Les auteurs que je viens de citer se trouvaient en désaccord sur certains points, et d'autres points n'avaient pas été abordés.

Tout d'abord je me suis convaincu, par quelques recherches préliminaires, que pour faire des observations fructueuses, il fallait se placer dans des conditions expérimentales convenables; que, pour étudier, par exemple, le rôle d'une glande dans la digestion, il fallait trouver le moyen de recueillir le suc secrété par cette glande pendant la digestion.

J'ai pu réaliser ces conditions au laboratoire de Roscoff, où se trouve un grand réservoir dans lequel l'eau de mer peut être renouvelée à chaque

mer haute par un système de vannes appropriées. Dans ce réservoir les animaux ne sont pas, comme dans de petits aquariums, exposés à l'asphyxie; quelques jours après leur capture, ils ont repris leurs habitudes. Les poulpes, en particulier, s'y apprivoisent en quelque sorte ; aussi arrive-t-on assez facilement à les faire manger à des heures déterminées, de façon à expérimenter sur eux à des moments précis de leur digestion.

D'autre part, en 1881, la microbiologie était encore une science naissante et l'intervention possible des microbes dans les expériences de digestion commençait seulement à attirer l'attention. Cette seule considération conduisait à revoir, au moins rapidement, les travaux de mes devanciers ; c'est ce que j'ai fait, en me tenant à l'abri de ces infinement petits dont la présence avait pu influer sur les résultats observés.

Mes recherches se trouvent résumées dans les conclusions suivantes :

Parmi les organes glanduleux appartenant au système digestif des Céphalopodes, deux seulement secrétent un liquide doué de propriétés digestives : ce sont le foie et l'organe que l'on a appelé *pancreas*. Les glandes salivaires, l'intestin spiral, la paroi de l'intestin ne jouissent à cet égard d'aucune propriété.

Le liquide secrété par le foie renferme : 1° de la diastase qui digère l'amidon et le glycogène ; 2° de la trypsine ; 3° de la pepsine. Le liquide secrété par le pancreas renferme de la diastase.

La diastase secrétée par ces deux glandes est identique à celle de la salive des animaux supérieurs et à celle du malt (diastase précipitée par l'alcool). Ces trois diastases exercent une action fermentaire sur les mêmes hydrates de carbone (amidon, glycogène, certaines dextrines), et cette action est la même pour chacun de ces composés.

Chez les Céphalopodes que j'ai examinés, la trypsine est seule ordinairement utilisée pour la digestion des matières protéiques, qui est, en tous points, une digestion analogue à la digestion pancréatique des animaux supérieurs. Cette digestion s'accomplit dans un milieu légèrement acide.

La pepsine n'est pas utilisée.

La digestion chez les Céphalopodes (hydrates de carbone, matières protéiques et matières grasses) se fait tout entière dans l'estomac, par l'intermédiaire du liquide secrété par le foie et par le pancreas. Les aliments ne passent pas dans le cæcum intestinal ; une disposition anatomique spéciale (valvule chez le calmar) s'y oppose.

Le mélange des liquides secrétés par le foie et le pancreas (ces deux

liquides aboutissent dans un même canal) se présente sous deux apparences. Il est à peu près incolore et très actif pendant la digestion ; il est brun, rempli de débris de cellules et presque inactif après la digestion. Dans le premier cas, on se trouve en présence du véritable liquide digestif ; dans le deuxième, on a affaire aux débris de la dégénérescence cellulaire des éléments glandulaires de ces deux organes.

Le sang de poulpe ne saccharifie pas l'empois d'amidon et n'hydrolyse pas le maltose.

Le liquide digestif secrété par le foie du poulpe n'agit ni sur l'inuline, ni sur la salicine, ni sur le sucre de canne. Celui-ci n'est pas dédoublé non plus par des liquides obtenus en faisant macérer dans l'eau l'un des organes suivants : jabot, estomac, intestin, cæcum spiral et pancreas.

Le foie des Céphalopodes, comme le foie des animaux supérieurs, renferme du glycogéne et de la mucine ; mais il ne renferme aucun des acides ou produits colorés de la bile de ces derniers.

Il renferme, comme le pancreas des animaux supérieurs, de la leucine et de la tyrosine en grande quantité. Il renferme, en outre, une matière grasse d'une composition analogue à celle de l'huile de poisson.

On doit considérer ce foie comme une glande digestive n'ayant d'analogie compléte avec aucune des glandes digestives des animaux supérieurs

On ne peut l'assimiler, au point de vue physiologique, ni au foie des vertébrés, bien que l'analyse révéle dans ses tissus la présence du glycogène ; ni à leur pancreas, bien qu'il secrète de la trypsine et de la diastase ; ni aux glandes stomacales, bien qu'il secrète de la pepsine. Ce serait, en quelque sorte, une glande digestive générale.

Les phénomènes de la digestion chez les animaux invertebrés (**4**). — A la suite de mes recherches sur la digestion des Céphalopodes, j'ai rassemblé et groupé dans un seul article toutes nos connaissances sur les phénomènes chimiques de la digestion chez les invertébrés (Céphalopodes, Gastéropodes, Lamellibranches, Insectes, Myriapodes, Arachnides, Crustacés, Vers et Echinodermes), et j'en ai résumé le sens général dans les termes suivants : « Nous trouvons chez les Invertébrés deux sortes d'organes glandulaires pouvant prendre part au travail chimique de la digestion par les secrétions qu'ils produisent : d'une part, les glandes salivaires ou œsophagiennes qui, tantôt sont développées sous forme de

véritables glandes, tantôt sont remplacées par un revêtement épithélial glandulaire de l'œsophage, tantôt, enfin, sont rudimentaires ou n'existent pas ; d'autre part, un système glandulaire qui est représenté chez les uns par une glande volumineuse qu'on a appelée *foie*, chez d'autres par des cæcums glandulaires de l'intestin moyen, chez d'autres, enfin, par une zone épithéliale glandulaire de cet intestin. Cette dernière forme doit être considérée comme l'origine des deux autres. L'assise de cellules glandulaires se localise et la portion de paroi qu'elle recouvre fait hernie à l'extérieur : on a les cæcums. Ceux-ci s'allongent, se ramifient, se soudent : on a le prétendu foie. Ainsi compris, ce système glandulaire ne manque jamais et le nom de *glande digestive* peut lui être assigné.

« Pour ce qui est des ferments qui renferment les secrétions, le liquide salivaire est quelquefois, mais rarement diastasique. C'est ce qu'on voit chez les Insectes, tandis que, dans toute la classe des Mollusques, cette propriété fait défaut.

« Le système glandulaire de l'intestin moyen, sous ses différentes formes, est le seul véritable appareil digestif. Il s'adresse à la fois aux matières grasses, aux matières protéiques et aux matières amylacées. Il y a donc, chez les Invertébrés, concentration du travail digestif. Chez les Vertébrés, au contraire, où les matières protéiques, en particulier, sont digérées successivement dans l'estomac par le suc gastrique, puis, dans l'intestin, par le suc pancréatique, il y a division de ce travail, ce qui contribue sans doute à sa plus grande perfection ».

II. — Ferments solubles hydratants.

Sur les propriétés de l'invertine (**6**). — A l'époque où j'ai publié ce travail (1883), l'opinion la plus répandue était que l'invertine de la levure de bière, outre sa propriété d'intervertir le sucre de canne, possédait encore celle de saccharifier l'empois d'amidon, comme le fait la diastase du malt.

J'ai établi que l'invertine, en raison de son mode de fabrication, est presque toujours souillée d'une petite quantité de diastase. C'est à ce dernier ferment qu'il faut attribuer la saccharification de l'empois que

l'on a observée et non à l'invertine, qui n'agit que sur le sucre de canne. Une levure, lavée à plusieurs reprises et essorée, fournit toujours une solution d'invertine incapable d'agir sur l'empois d'amidon.

Sur la trehalase, ferment soluble nouveau, dedoublant le trehalose en glucose. — Sa présence dans les champignons et dans l'intestin grêle. — Ses proprietes (**10, 13, 15, 72, 73**). — Au cours de recherches dont il sera question plus loin, j'ai établi : 1° que la grande majorité des champignons renferment du *trehalose* (sucre isomère du saccharose ou sucre de canne) au moins à certaines époques de leur développement ; 2° que ce tréhalose disparaît au moment de la formation des spores ; 3° que cette disparition s'accompagne de la production de *dextrose* qui disparaît à son tour.

Ces faits m'ont amené à penser que le dextrose devait provenir du dédoublement du tréhalose sous l'influence d'un ferment soluble analogue à celui qui, dans les plantes qui renferment du sucre de canne, dédouble celui-ci en dextrose et lévulose, et, par conséquent, le rend assimilable (invertine).

Un tel ferment soluble existe, en effet ; j'en ai constaté la présence dans l'*Aspergillus niger*, le *Penicillium glaucum*, le *Volvaria speciosa* Fr., le *Polyporus sulfureus* Bull., le *Morchella esculenta* Pers., le *Peziza acetabulum* L. (Ces deux derniers champignons sont indiqués pour la première fois), et le malt vert. Nous l'avons retrouvé, M. Gley et moi, dans l'intestin grêle du lapin en digestion.

J'ai donné à ce ferment, conformément à la terminologie de Duclaux, le nom de *tréhalase*. Il dédouble le tréhalose très exactement en deux molécules de dextrose :

$$C^{12} H^{22} O^{11} + H^2O = 2\ C^6 H^{12} O^6$$

ce qui est une preuve de plus que le tréhalose est bien un diglucose, comme l'a affirmé Berthelot, dès 1857.

La tréhalase diffère de l'invertine, de l'amylase salivaire et de l'émulsine qui n'agissent pas sur le tréhalose.

En solution aqueuse, elle est détruite à la température de 64°, tandis que la maltase, dans les mêmes conditions, n'est détruite que vers 76°. De très faibles proportions d'acide sulfurique (2 à 4 milligrammes de SO^4H pour 100 cc. de liquide) augmentent son activité, tandis que des

proportions plus fortes la diminuent. Avec 0 gr. 2 d'acide pour 100, le ferment est paralysé.

Il est à remarquer que l'action de tous les ferments connus des hydrates de carbone est modifiée de la même façon par les acides.

Sur la maltase (**17**). — Le ferment soluble auquel j'ai donné ce nom dédouble le maltose en deux molécules de dextrose suivant l'équation : $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O = 2C^{6}H^{12}O^{6}$.

Il a été signalé d'abord en 1880, par Brown et Heron, dans le pancréas et l'intestin grêle du porc ; puis, en 1881, par von Mering, dans le pancréas du chien. Je l'ai retrouvé, en 1883, dans le pancréas et l'intestin grêle du lapin en digestion. J'ai constaté, en outre : 1° que, en ce qui concerne l'intestin, le ferment est surtout produit dans la région moyenne de cet organe ; 2° qu'il est secrété en plus grande abondance par l'intestin que par le pancréas ; 3° qu'il est distinct de l'invertine ; car le suc pancréatique, qui dédouble le maltose, est sans action sur le saccharose, tandis que l'invertine retirée de la levure par précipitation n'agit pas sur le maltose.

J'ai trouvé également de la maltase dans l'*Aspergillus niger* et dans le *Penicillium glaucum*, et j'ai réussi, en ayant recours à divers artifices expérimentaux à montrer que la levure de bière en produit, au moins transitoirement, durant la fermentation alcoolique du maltose.

Enfin, en 1886, à la suite de recherches dont je parlerai plus loin, j'ai annoncé que, le maltose étant consommé lorsqu'on l'injecte dans le sang, le sang devait contenir également de la maltase. Mes prévisions ont été confirmées 3 ans plus tard, en 1889, par Dubourg.

Sur la diastase salivaire (**106**). — En étudiant l'action de la salive sur le sucre de canne, quelques physiologistes lui ont trouvé la propriété inversive. Ils en ont conclu que la diastase animale peut agir à la manière de l'invertine.

La vérité est que si l'on prend de la salive fraîche provenant d'un individu dont la bouche est saine, si on la filtre rapidement au travers d'un filtre en terre poreuse et si on l'additionne ensuite d'une solution de

sucre de canne stérilisé, on constate presque toujours, en prenant soin de rester à l'abri des germes de l'air, qu'on peut conserver indéfiniment le mélange sans qu'il se produise d'interversion. Cette même salive, ajoutée à de l'empois, le saccharifie : elle renferme donc de la diastase et celle-ci n'agit pas sur le sucre de canne.

Mais si on abandonne à l'air de la salive additionnée de sucre de canne, le mélange se peuplera de champignons inférieurs qui produisent de l'invertine, et alors on observera une interversion.

Cette observation, de même que celle qui est relative à l'invertine, constitue un argument en faveur de l'individualité des ferments solubles.

Sur les caractères de l'affaiblissement de la diastase sous l'action de la chaleur (**9**).— Lorsqu'on traite, par la diastase, l'amidon préalablement transformé en empois, il y a hydratation et dédoublement de celui-ci, de telle sorte que, lorsque l'action du ferment est accomplie, on a un produit composé de maltose et d'une dextrine inattaquable par la diastase. Si dans le courant d'un traitement, on préléve de temps en temps des échantillons de la matière et si on les analyse, on trouve toujours du maltose ; seulement les produits qui l'accompagnent diffèrent de la dextrine qui reste en dernier lieu. Ce sont bien aussi des dextrines, mais des dextrines encore hydrolysables par la diastase.

L'hypothèse qui me paraît la plus acceptable, en ce sens qu'elle permet de se rendre compte de l'action du ferment, est que l'hydratation de 'amidon se fait par phases successives. Dans la première phase, il se produirait une dextrine et une molécule de maltose

$$\underset{\text{amidon}}{n\,(C^{12}H^{20}O^{10}) + H^{2}O} = \underset{1^{\text{re}}\ \text{dextrine}}{(n\text{-}1)\,(C^{12}H^{20}O^{10})} + \underset{\text{maltose}}{C^{12}H^{22}O^{11}}.$$

Dans la seconde phase, la dextrine précédente fournirait une nouvelle dextrine (n-2) ($C^{12}H^{20}O^{10}$) et une molécule de maltose et, ainsi de suite, jusqu'à ce que la dextrine formée soit inattaquable par la diastase.

Ce dédoublement, ou plutôt cet enlèvement répété et successif d'une molécule $C^{12}H^{20}O^{10}$ à la molécule amylacée, a été appelée *dégradation*.

Quand la diastase que l'on emploie n'a subi aucun traitement, elle pousse la dégradation à un point tel que le pouvoir réducteur de la matière atteint 52 (Je veux dire par là que le liquide sucré exerce sur la

liqueur de Fehling une réduction égale à 52 centièmes de ce qu'elle serait si l'amidon avait été entièrement transformé en glucose). Au contraire, lorsque la diastase en solution aqueuse a été exposée, pendant un certain temps, à une température voisine de celle de sa destruction (68° par exemple), elle a perdu le pouvoir de pousser la dégradation jusqu'à sa dernière limite. Ainsi, pour la température de 68°, le pouvoir réducteur auquel on arrive,et cela, quelle que soit la quantité de diastase employée, ne dépasse pas 30 environ.

D'autre part, cette diastase affaiblie accomplit les premières phases de de la réaction aussi rapidement que la diastase naturelle, comme on peut s'en assurer en suivant ces phases, dans deux essais comparatifs, à l'aide de l'eau iodée.

Si l'on envisage ces deux ordres de faits en admettant l'hypothèse exposée plus haut, on se trouve amené à considérer la diastase, telle qu'on l'extrait de l'orge germé, comme composée de plusieurs ferments différents. C'est là, du moins, une manière de voir à laquelle on peut se ranger, en attendant que la nature des ferments solubles nous soit mieux connue.

---

*Sur la secretion, par l'***Aspergillus niger***, d'un ferment soluble capable d'hydrolyser l'inuline (inulase) et sur ses propriétés* (**11**). — Chez beaucoup de plantes de la famille des composées et chez quelques monocotylédones, les organes souterrains (tubercules de dahlia, de topinambour ; racine d'aunée ; bulbes de jacinthe, d'asphodèle, etc.) renferment, comme aliment de réserve, de l'inuline.

L'inuline est un hydrate de carbone isomère de l'amidon; mais elle en diffère en ce sens que, sous l'influence des agents hydratants (acides minéraux étendus bouillants), elle donne du lévulose, tandis que l'amidon donne du dextrose. On peut dire d'ailleurs, qu'au point de vue physiologique, ces deux composés remplissent le même rôle ; car, au moment de la germination des organes qui les contiennent, ils se transforment, l'un et l'autre, en leur sucre respectif, c'est-à-dire en sucres assimilables.

On sait depuis longtemps que l'hydrolyse de l'amidon dans la plante est déterminée par un ferment soluble, la *diastase* ou *amylase*, qui, en général, apparaît seulement à l'époque où l'hydrate de carbone va être utilisé.

On pensait bien qu'il devait en être de même pour l'inuline ; mais le

fait n'a été établi qu'en 1888 par Green, qui a réussi à retirer, des tubercules du topinambour, un ferment hydratant de l'inuline auquel il a donné le nom d'*inulase*.

En 1886 (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, p. 193), j'avais observé incidemment que l'*Aspergillus niger* se développe vigoureusement dans un milieu nutritif renfermant seulement de l'inuline comme hydrate de carbone. Ce fait m'a amené à supposer que l'*Aspergillus* devait produire un ferment soluble capable de saccharifier l'inuline. De nouvelles recherches effectuées en 1893 sont venues confirmer mes prévisions.

J'ai établi que l'*Aspergillus* secrète un ferment soluble dédoublant l'inuline. Ce ferment est distinct de l'invertine, de l'amylase et de la tréhalase. Ses solutions aqueuses peuvent être portées à 64°, sans perdre de leur activité.

Sous l'influence de ce ferment, l'inuline de l'*Atractylis gummifera* L. est transformé complètement en lévulose; et la transformation paraît directe, c'est-à-dire qu'il ne se fait pas de composés intermédiaires analogues aux dextrines.

Sur la présence, dans les Champignons parasites des arbres ou vivant sur le bois, d'un ferment analogue à l'émulsine (**14**). — Une question intéressante est celle de savoir comment les champignons qui vivent en *parasites* sur les arbres ou en *saprophytes* sur le bois mort, arrivent à rendre assimilables et à utiliser les substances qui entrent dans la composition de ces arbres ou de ce bois.

L'opinion la plus généralement admise est qu'ils le font à l'aide de ferments solubles qu'ils élaborent, ferments agissant à la façon des ferments digestifs. Mais cette opinion est basée uniquement sur des analogies: les phénomènes de dissolution et de digestion qu'elle suppose n'ayant pas été reproduits dans les laboratoires.

Je n'ai pu, jusqu'ici, extraire, de ces végétaux, de ferments capables de dissoudre la cellulose; mais, au cours des recherches que j'ai faites dans cet ordre d'idées, j'ai constaté qu'ils renferment un ferment analogue à l'émulsine, c'est-à-dire possédant la propriété d'hydrolyser divers glucosides, tels que l'amygdaline, la salicine, la coniférine, etc.

Voici un tableau des principales espèces dans lesquelles j'ai pu caractériser la présence du ferment. En regard de chacune de ces espèces se trouve indiqué son habitat.

Nom des espèces :	Habitat :
Auricularia sambucina Martius	Sureau.
Hydnum cirrhatum Pers	Troncs de hêtres.
Trametes gibbosa (Pers.)	Vieux tronc de peupliers.
Polyporus applanatus (Pers.)	Troncs de peupliers et de saules.
— *biennis* (Bull.)	Souches enterrées.
— *incanus* Quélet	Troncs de peupliers.
— *frondosus* (Flora dan.)	Parasite au pied des chênes.
— *squamosus* (Huds.)	— du noyer.
— *betulinus* (Bull.)	— du bouleau.
— *lacteus* Fr.	Bois de hêtre pourrissant.
— *sulfureus* (Bull.)	Parasite de la plupart des arbres.
Fistulina hepatica (Huds.)	Parasite du chêne.
Boletus parasiticus (Huds.)	Parasite du *Scleroderma*.
Lentinus ursinus Fr.	Troncs pourrissant.
— *tigrinus* (Bull.)	Souches de peupliers et de chênes.
Lactarius controversus Pers.	Au pied des peupliers.
Psalliota silvicola Vitt.	A terre dans les bois.
Hypholoma fasciculare (Huds.)	Vieilles souches.
Flammula alnicola Fr.	Vieilles souches.
Pholiota ægerita Fr.	Parasite du peuplier.
— *spectabilis* Fr	Racines de chêne.
— *mutabilis* Schæf.	Vieilles souches.
Claudopus variabilis Per.	Troncs morts.
Pleurotus ulmarius Bull.	Parasite de l'orme.
Mycena galericulata Scop.	Vieilles souches.
Collybia fusipes Bull.).	Au pied des troncs d'arbres.
— *velutipes* Curt.	Sur troncs d'ormes.
— *radicata* Relh	Souches enterrées.
Armillaria mellea Flora dan	Parasite et saprophyte.
— *mucida* Schrad	Troncs d'ormes pourrissant.
Phallus impudicus Lin	A terre (?).
Hypoxylon coccineum Bull.	Branches mortes de hêtre.
Xylaria polymorpha (Pers.)	Vieux troncs d'arbres.
Fuligo varians (Somm.)	Sciure de peuplier.

Dans les espèces suivantes, au contraire, il ne m'a pas été possible de déceler trace de ce ferment :

Nom des espèces.	Habitat :
Lactarius vellereus Fr	A terre.
Russula cyanoxantha (Schæff.)	Id.
— *delica* (Vaill.)	Id.
Nyctalis asterophora Fr.	Parasite des Russules.
Amanita vaginata Bull.	A terre.
Scleroderma verrucosum (Bull.)	Terrains sablonneux.
Aleuria vesiculosa Bull.	Fumiers, jardins.
Peziza aurantia (Fl. dan)	Terre humide.
Tuber æstivum (Vitt.)	(?)

C'est d'ailleurs un fait connu que, parmi les principes immédiats que renferment l'écorce, le cambium et même la partie ligneuse des arbres, se

trouvent des glucosides. C'est ainsi que, dans les peupliers et les saules si souvent attaqués par les champignons, on rencontre de la salicine et de la populine : dans les pommiers de la phlorizine ; dans les pins, de la coniférine.

Il est donc permis de supposer que, grâce au ferment qu'ils sécrètent, tous les champignons parasites de ces arbres peuvent en utiliser les glucosides qui, sous son influence, donnent entre autres composés, du glucose, c'est-à-dire un sucre directement assimilables.

Sur les propriétés de l'émulsine des Champignons (**18** et **19**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Hérissey.]

L'existence, dans les Champignons, d'un ferment analogue à l'émulsine étant démontrée, il y avait intérêt à comparer les propriétés de ces deux ferments.

On sait depuis longtemps que l'émulsine des amandes peut hydrolyser les glucosides suivant : *amygdaline*, *salicine*, *coniférine*, *arbutine*, *esculine* et *helicine*. Em. Fischer lui a trouvé récemment une nouvelle propriété : celle de dédoubler le *sucre de lait*.

Nous avons étudié l'action de l'émulsine de l'*Aspergillus* sur tous ces composés et sur quelques autres glucosides. Nous avons constaté qu'elle dédouble aussi les glucosides cités ci-dessus et, de plus, la *populine* et la *phlorizine*. Par contre, elle n'agit pas sur le sucre de lait.

On aurait donc quelque raison de penser que les deux émulsines sont différentes. Cependant, il y a lieu, avant de se prononcer, de tenir compte des observations suivantes : d'une part, l'action hydrolysante de l'émulsine de l'*Aspergillus* sur la populine et la phlorizine est très lente à se manifester, et il n'est pas certain que, dans les essais faits pour étudier l'action de l'émulsine des amandes sur ces deux glucosides, on ait prolongé suffisamment l'expérience. D'autre part, l'émulsine des amandes qui détermine le dédoublement de sucre de lait pourrait être, non un ferment unique, mais un mélange contenant de la lactase, c'est-à-dire ce ferment soluble que produisent certaines espèces de levures et qui possède la propriété d'hydrolyser le sucre de lait. En attendant que de nouvelles expériences soient venues compléter nos connaissances sur ces deux points, on peut admettre que l'émulsine des amandes et celle de l'*Aspergillus* possèdent les mêmes propriétés.

Nous avons également, M. Hérissey et moi, étudié l'émulsine du *Polyporus sulfureus* et constaté qu'elle agit sur l'inuline, la coniférine, l'amygdaline, l'arbutine, la salicine et qu'elle n'agit pas sur le sucre de lait.

Sur la gaulthérase, ferment soluble hydrolysant la gaulthérine, glucoside de l'ether méthylsalicylique (**22**). — Au cours de mes recherches sur la présence de l'éther méthylsalicylique (composé qui constitue, à lui seul, la presque totalité de l'essence de *Gaultheria procumbens*) dans quelques plantes indigènes, j'ai été amené à penser que cet éther ne préexiste pas dans ces plantes, mais prend naissance quand on les écrase, par suite de l'action d'un ferment soluble sur un glucoside particulier : ferment et glucoside se trouvant, durant la vie du végétal, localisés dans des cellules différentes.

Mes observations ultérieures sont venues justifier cette manière de voir. J'ai retiré, en effet, du *Monotropa Hypopythis*, plante qui vit en parasite sur la racine de certains arbres, un glucoside de l'éther méthylsalicylique et établi que cette même plante renferme un ferment soluble capable d'hydrolyser ce glucoside. J'ai constaté, d'autre part, que le même ferment existe dans la racine des *Polygala vulgaris* L., *calcarea* F. Schultz, *depressa* Wenderoth, *nemorivaga* Pomel et *Senega* L. ; dans la racine des *Spiraea Ulmaria* L., *Filipendula* L. et *salicifolia* ; dans l'écorce de *Betula lenta* L., dans les feuilles et les baies de *Gaultheria procumbens* Salisb., et enfin dans les pétales de diverses espèces d'*Azalea*.

Comme un chimiste américain, Procter a retiré autrefois de l'écorce de *Betula lenta*, un glucoside de l'éther méthylsalicylique qu'il a appelé *gaulthérine*, et que le ferment dont il vient d'être question hydrolyse ce glucoside, je lui ai donné le nom de *gaulthérase*.

Des caractères pouvant servir à distinguer la pepsine de la trypsine (**7** *et* **8**). — On sait que deux liquides digestifs concourent chez les animaux supérieurs à la digestion des matières protéiques. L'un, le suc gastrique exerce son action dans l'estomac et doit ses propriétés à la pepsine ; l'autre, le suc pancréatique, achève la digestion dans l'intestin grêle, grâce à la trypsine qu'il renferme. Pepsine et trypsine constituent deux ferments solubles différents qu'il est souvent intéressant de pouvoir distinguer.

Chez les animaux inférieurs, par exemple, la digestion des matières protéiques est déterminée par un seul liquide digestif. Ce liquide doit-il ses propriétés à la pepsine ou à la trypsine? Telle est la question que je me suis posée lors de mes recherches sur la digestion chez les Céphalopodes.

Examinons les propriétés que l'on considérait, à cette époque, comme distinctives des deux ferments :

1° La pepsine n'agit qu'en milieu acide, tandis que la trypsine n'exerce son action qu'en milieu neutre ou alcalin.

2° La fibrine traitée par le suc gastrique naturel (pepsine) se gonfle d'abord, puis se dissout, tandis que, traitée par le suc pancréatique (trypsine), elle se dissout sans gonflement préalable.

3° Le lait traité par le suc gastrique se coagule d'abord, puis le coagulum est digéré lentement, sans pourtant l'être jamais complétement; il reste un résidu notable (dyspeptone).

Au contraire, le lait traité par le suc pancréatique est digéré sans qu'il se produise de coagulation proprement dite et il ne reste qu'un résidu insignifiant.

4° Il se produit de la tyrosine dans la digestion pancréatique ; il ne s'en produit pas dans la digestion gastrique.

Or, 1° Karl Mays a montré que l'extrait de pancréas agit encore dans un milieu renfermant 10 p. 1000 d'acide acétique ou 3 p. 1000 d'HCl.

2° Le gonflement de la fibrine par le suc gastrique n'est pas dû au ferment, mais à l'acide qui l'accompagne.

3° La coagulation de la caséine du lait par le suc gastrique est également dûe à l'acide que renferme celui-ci.

4° Ch. Richet a trouvé de la tyrosine dans le suc gastrique et j'ai montré que ce composé existe également dans la glande digestive principale des Céphalopodes.

Donc aucune des propriétés rappelées ci-dessus ne pouvait être le point de départ d'un procédé permettant de distinguer d'une façon absolue la pepsine de la trypsine.

Dans ces conditions, j'ai cherché moi-même un nouveau procédé.

Celui que j'ai donné repose sur la propriété que possède la pepsine, en milieu physiologique, de détruire la diastase.

Si donc, étant donné un liquide physiologique digérant les matières protéiques, on veut savoir si ce liquide renferme de la pepsine, on l'acidulera avec HCl et on l'additionnera de diastase. Si la diastase se détruit peu à peu, on sera fondé à croire à l'existence de la pepsine.

---

*Les ferments solubles de l'***Aspergillus niger** *; leurs variations avec l'époque du developpement de cette moisissure* (**16**). — Lorsqu'on triture une culture d'*Aspergillus* avec du sable et de l'eau, et qu'on filtre, on obtient un liquide capable d'hydrolyser un certain nombre de composés (hydrates de carbone ou glucosides).

Deux hypothèses se présentent à l'esprit pour expliquer cette diversité d'action : Ou bien ce liquide ne renferme qu'un ferment soluble, lequel pourrait à lui seul hydrolyser tous ces composés ; ou bien il contient, à l'état de mélange, tout un groupe de ferments.

Or, d'une part, nous connaissons des ferments solubles, comme l'invertine, qui ne possèdent qu'une seule des propriétés hydrolysantes du liquide ; d'autre part, si l'on élève peu à peu la température de ce même liquide, il arrive un moment où il a perdu la propriété d'agir sur certaines substances, tout en ayant conservé celle d'agir sur les autres, ce qui peut s'interprêter en admettant que des ferments que contient le liquide, les uns sont détruits à la température atteinte, alors que les autres la supportent sans dommage. Ces deux faits, le dernier surtout, sont en faveur de la seconde hypothèse. Aussi ai-je établi la présence des ferments solubles signalés dans mon travail, non pas en les séparant les uns des autres ce qui, en l'état actuel de nos connaissances, est impossible, mais en me basant sur la diversité des propriétés fermentaires du liquide extrait de la moisissure.

Ces réserves faites, voici d'abord les ferments solubles dont j'ai pu caractériser la présence dans l'*Aspergillus* arrivé à maturité (Culture sur liquide de Raulin).

1. — *Invertine*, ferment dédoublant le sucre de canne en deux sucres plus simples et assimilables : dextrose et lévulose (ferment déjà signalé antérieurement dans l'*Aspergillus* par Gayon).

2. — *Maltase*, ferment dédoublant le maltose en dextrose, sucre assimilable.

3. — *Tréhalase*, ferment dédoublant le tréhalose en dextrose. Le rôle

de ce ferment dans l'*Aspergillus* est facile à comprendre. La moisissure, en effet, accumule du tréhalose dans la période qui précède la formation des spores. Ce sucre est une sorte d'aliment de réserve qui, pour être utilisé par la plante, doit être, au préalable, transformé en dextrose : c'est ce que fait le ferment.

4. — *Emulsine*, ferment déterminant le dédoublement de divers glucosides tels que l'amygdaline, la salicine, etc., dédoublement dans lequel il se produit toujours du dextrose.

5.— *Inulase*, ferment dédoublant l'inuline en lévulose, sucre assimilable.

6. — *Diastase*, ferment dédoublant l'amidon en maltose et en dextrine, le maltose pouvant à son tour être dédoublé en dextrose par la maltase (ferment déjà signalé antérieurement dans l'*Aspergillus*, par Duclaux).

7. *Trypsine*, ferment hydrolysant certaines matières protéiques qu'il transforme en peptone.

Ainsi, l'*Aspergillus* adulte produit un ensemble de ferments grâce auxquels les substances les plus diverses deviennent pour lui des aliments utilisables ; que ces substances soient des saccharoses comme le sucre de canne, des glucosides comme la salicine, ou des polysaccharides comme l'inuline et l'amidon, ou encore des matières protéiques comme la fibrine et la gélatine. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que cette moisissure prospère dans presque tous les milieux organiques.

Plusieurs de mes observations montrent cependant que l'*Aspergillus* ne produit quelques-uns des ferments dont il vient d'être question, que lorsqu'il a atteint un certain développement. C'est ainsi que, si l'on ensemence des spores dans des solutions de tréhalose pur ou dans de l'empois d'amidon, la germination est extrêmement lente à se produire, alors qu'elle a lieu presque aussitôt dans une solution de sucre de canne pur.

Il paraîtra certainement singulier que le tréhalose, substance que produit et consomme, pendant sa vie, l'*Aspergillus*, convienne si peu à la spore de ce végétal.

Il me semble, toutefois, qu'on peut expliquer ce fait en admettant qu'un être vivant produit deux catégories de ferments solubles : des ferments à l'aide desquels il entre en relation avec les substances alimentaires venant de l'extérieur et s'en nourrit (véritables ferments digestifs), et des ferments plus intimes qui, à une certaine période de son existence, lui permettent de consommer des substances qu'il a fabriquées lui-même dans une période antérieure.

Les ferments solubles du **Penicillium glaucum** (**12**). — Dans des recherches analogues aux précédentes, j'ai constaté que cette moisissure, cultivée sur du liquide de Raulin, élabore les ferments solubles suivants : invertine, maltase, tréhalase, inulase et diastase. On sait que Duclaux en a retiré de la présure et de la trypsine et que E. Gérard a établit qu'elle produit un ferment analogue à l'émulsine ainsi que de la lipase, ferment hydrolysant des corps gras.

On voit par là que cette moisissure est, comme la précédente, admirablement douée pour la concurrence vitale ; grâce à la multiplité des ferments solubles qu'elle secrète, elle peut se développer sur les substratums les plus variés.

Les ferments solubles du **Penicillium Duclauxi** Delacr. (**21**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Graziani].

Le *Penicillium Duclauxi* est une moisissure observée, pour la première fois, par Duclaux, dans des raisins de Tunisie en fermentation ; il a été décrit par G. Delacroix.

Nous avons cultivé ce *Penicillium* sur le liquide de Raulin, et nous avons constaté que, dans ces conditions, il produit de l'invertine et pas d'amylase. Ses spores germent facilement dans de l'eau tenant en dissolution du sucre de canne pur.

Si, dans le liquide de Raulin, on remplace le sucre de canne par du lactose ou du galactose, le développement de la moisissure s'arrête sitôt aprés la germination des spores. Avec le galactose, la spore, au moment de la germination, se gonfle énormément, et son diamètre devient 6 à 7 fois plus grand que le diamètre primitif.

Les ferments solubles du **Polyporus sulfureus** (**20**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Hérissey.]

Le *Polyporus sulfureus* (Bull.) est un grand champignon qui vit en parasite sur les arbres. Les espèces sur lesquelles il peut se développer sont nombreuses : je l'ai rencontré sur le *saule*, le *robinier*, le *marronnier*, le *frêne*, le *chêne* et le *peuplier*, et il est donné comme vivant aussi sur l'*aune*, le *noyer*, le *poirier*, le *chataignier* et le *melèze*.

Il était intéressant, en présence de cette multiplicité d'habitats, de

rechercher si, comme les moisissures dont il a été question ci-dessus, ce polypore secrète des ferments solubles variés.

Nos recherches ont été faites avec le suc exprimé d'un très jeune individu récolté sur un chêne. Ce suc renfermait de la maltase, de la tréhalase, de l'émulsine et de l'amylase; il ne contenait ni invertine, ni inulase, ni lactase.

III. — Ferments solubles oxydants.

Remarques sur les matières oxydantes que l'on peut rencontrer chez les êtres vivants (**111**). — Envisagées à un point de vue général, ces *matières oxydantes* peuvent être actuellement rangées en quatre groupes, l'ozone constituant à lui seul un de ces groupes.

(*a*) L'ozone est, en effet, le type des substances oxydantes et l'on sait depuis longtemps que l'air ozonisé bleuit la teinture de résine de gaïac par suite de l'oxydation de l'acide gaïaconique qui entre dans la composition de cette résine.

Schœnbein a montré que divers liquides organiques sont doués de la propriété de retenir l'ozone pour un certain temps. Si, par exemple, on agite une macération aqueuse d'orge germé avec de l'air ozonisé, cette macération devient capable de bleuir la teinture de gaïac et conserve cette propriété pendant plusieurs heures. Si, pourtant, on la porte à l'ébullition, la macération perd immédiatement son activité oxydante. Refroidie, elle n'agit plus sur la teinture de gaïac.

(*b*) Il existe d'ailleurs des corps oxygénés définis, susceptibles de céder une partie de leur oxygène à d'autres corps. Schœnbein leur a donné le nom de *porte-ozone*, *ozonides*, parce que, dans sa pensée, l'oxygène qu'ils peuvent céder ainsi, se trouve dans ces corps à l'état d'ozone, ce qui explique son activité chimique.

Parmi les ozonides organiques, le mieux connu est la *quinone*, $C^6 H^4 < \overset{O}{\underset{O}{|}}$. La quinone en solution aqueuse donne, avec la teinture de résine de gaïac, une coloration bleue; avec le gaïacol, une coloration rouge grenat; avec la paraphénylène-diamine une coloration brune, etc., toutes réactions qui témoignent de ses propriétés oxydantes. J'ai constaté

que si l'on ajoute de la solution aqueuse de quinone à de nombreux liquides organiques (lait, sérum du sang de bœuf, urine, solution aqueuse d'albumine, macérations de graines), le mélange que l'on obtient peut provoquer, avec les réactifs, au moins pendant un certain temps, les mêmes réactions colorées que celles qui viennent d'être mentionnées. Mais si l'on porte ces mélanges à l'ébullition, leurs propriétés oxydantes disparaissent entièrement et immédiatement. L'oxygène disponible de la quinone a été employé à oxyder quelques-uns des principes contenus dans les liquides ajoutés.

(c) Ces ozonides qui constituent, par conséquent, un second groupe de matières oxydantes, ne sont oxydants que par une partie de l'oxygène qu'ils renferment. Cet oxygène employé, le processus d'oxydation est terminé. Il n'en est pas de même des substances dont je fais un troisième groupe. Celles-ci communiquent une certaine activité chimique à l'oxygène de l'air, ce qui leur a valu le nom de « matières excitatrices de l'oxygène, *Sauerstofferreger* » que leur a donné Schœnbein. L'oxygène ainsi rendu actif, qui est peut-être de l'ozone, comme le pensait le chimiste, se fixe au fur et à mesure sur les corps oxydables voisins.

Le pouvoir excitateur des substances oxydantes en question étant considérable, et la source d'oxygène inépuisable, le processus se continue jusqu'à ce que l'oxydation des corps oxydables soit terminée. Ces substances oxydantes peuvent donc être rangées parmi les ferments puisqu'il y a disproportion entre leur poids et celui des matières qu'elles oxydent indirectement. Quand les matières oxydables sont de la teinture de gaïac, du gaïacol, etc., on voit se produire des colorations bleue, rouge grenat, etc., de telle sorte qu'on pourrait confondre et qu'on a confondu les ferments oxydants avec les ozonides. Mais on les distinguera en se souvenant que leur action s'accompagne toujours d'une absorption d'oxygène.

(d) Enfin, on rencontre chez les êtres vivants des substances qui ne bleuissent pas la teinture de gaïac en présence de l'air, mais décomposent l'eau oxygénée. Comme une partie de l'oxygène qui se dégage dans cette décomposition se trouve présenter les propriétés de l'ozone, il en résulte que ces substances sont également des substances oxydantes. Lorsqu'à un liquide qui renferme une de ces substances, on ajoute d'abord quelques gouttes d'eau oxygénée, puis de la teinture de gaïac, on voit se produire la coloration bleue caractéristique de l'oxydation de l'acide gaïaconique. Elles perdent d'ailleurs leurs propriétés à l'ébullition.

Le pouvoir décomposant de l'eau oxygénée, qu'elles possèdent, étant considérable par rapport à leur masse, on peut les considérer comme des ferments et les rapprocher des substances dont il vient d'être question. Schœnbein pensait même qu'il n'y a pas lieu de faire de distinction entre-elles, et que si les liquides qui renferment ces dernières ne bleuissent pas la teinture de gaïac au contact de l'air, c'est qu'ils contiennent, en même temps, quelque corps plus avide d'oxygène que l'acide gaïaconique du gaïac. L'expérience suivante vient appuyer, dans une certaine mesure, l'opinion de Schœnbein. Si on ajoute, à du sérum du sang de bœuf obtenu clair par le repos, de l'eau oxygénée, puis de la teinture de gaïac, on ne voit pas d'abord se produire de bleuissement, bien que l'eau oxygénée soit décomposée ; ce n'est qu'après avoir ajouté de nouveau de l'eau oxygénée que le mélange bleuit, comme si le sang renfermait, ainsi qu'il a été dit plus haut, une matière réductrice plus avide d'oxygène que le gaïac.

Quoiqu'il en soit, on voit, d'après ces faits et ces observations, de quelles précautions il faut s'entourer dans la recherche des composés que l'on considère comme de vrais ferments oxydants.

Les ferments oxydants dans les Champignons (**23**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M G. Bertrand].— Déjà Schœnbein avait signalé, en 1856, la présence, dans le *Russula rubra* Fr. (*Ag. sanguineus* Bull.), ainsi que dans d'autres champignons non déterminés, de *substances excitatrices de l'oxygène*, par conséquent de *ferments oxydants*. Nous avons repris l'étude de cette question et observé quelques nouveaux faits intéressants.

Le suc du *Russula fœtens* Pers., ou plutôt la macération aqueuse de cette espèce obtenue en triturant le champignon avec son poids d'eau chloroformée et filtrant, a été l'objet d'une étude spéciale Le liquide présente les propriétés d'une solution très active de ferment oxydant : donnant une coloration bleue avec la teinture de gaïac, une coloration brune avec l'acide gallique, des cristaux de purpurogalline avec le pyrogallol, de la quinone et de la quinhydrone avec l'hydroquinone, etc. Ces diverses réactions s'accompagnent toujours d'une absorption d'oxygène. En faisant agir, par exemple, 5 cent. c. de liquide sur 1 gramme d'acide gallique en solution dans 100 cent. c. d'eau, on a observé en 4 heures

une absorption de 33 cent. c. 5 d'oxygène. Il s'était dégagé, en même temps, 25 cent. c. d'acide carbonique.

Le liquide perd ses propriétés à l'ébullition ; un peu moins rapidement toutefois que ne le font les solutions de ferments solubles hydratants.

Beaucoup d'autres champignons présentent, quoi qu'à des degrés divers, les propriétés du *R. fœtens*. Mais c'est dans les genres *Russula* et *Lactarius*, deux genres voisins, qu'on trouve les espèces les plus riches en ferment oxydant.

Nous avons examiné environ deux cents espèces de champignons ; toutefois, nous nous sommes contentés, pour la plupart d'entre elles, d'essayer l'action du tissu sur le réactif indiqué par Schœnbein, la teinture de gaïac, réactif, qui, à lui seul, comme on l'a vu dans la note précédente, ne suffit pas pour permettre de se prononcer sur la présence ou l'absence d'un ferment oxydant.

Quoiqu'il en soit, il est certain que la présence et l'absence, dans les diverses espèces de champignons, d'une substance oxydante bleuissant la teinture de gaïac, sont en relation avec les affinités botaniques. Si toutes ou à peu près toutes les espèces de certains genres (*Russula* et *Lactarius*) bleuissent cette teinture, toutes ou à peu près toutes les espèces d'autres genres sont sans action (*Marasmius*, *Hygrophorus*, *Cortinarius*).

Dans certains cas, la présence d'une substance oxydante coïncide avec l'existence de principes odorants (*Clitocybe odora* Bull.) ; dans d'autres, elle coïncide avec l'existence de principes colorables à l'air (*Boletus cyanescens*, *Lactarius flavidus*, *Russula nigricans*, etc.)

Cette substance n'est pas toujours également répandue dans toutes les parties du Champignon. Souvent les lames et les tubes en sont dépourvus ; très souvent aussi, on la trouve localisée dans certaines régions. Ainsi, chez les *Amanita strangulata* et *vaginata* qui constituent, dans le sous-genre *Amanita*, une section caractérisée par l'absence d'anneau, la section des *Vaginata* Forq., il n'y en a que dans la portion centrale (médullaire) du pied ; de même chez les *Lact. piperatus* (Scop.), *controversus* Pers., ainsi que chez d'autres Lactaires, la coloration bleue par la teinture de gaïac se produit surtout dans les tissus internes du pied à l'exclusion de la région corticale.

Sur la coloration des tissus et du suc de certains champignons au contact de l'air (**24** et **25**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. G. Bertrand].— On sait que lorsqu'on coupe certains champignons appartenant au genre *Boletus*, on voit la tranche se colorer en bleu ou en vert. Tantôt cette coloration se fait presque instantanément, comme dans les *B. cyanescens* et *luridus;* tantôt elle ne se fait qu'au bout de quelques instants, comme dans le *B pachypus*. Chez d'autres champignons, on observe des phénomènes analogues. Ainsi, lorsqu'on casse certains Lactaires (*L.uvidus, flavidus*), le lait qui s'échappe, d'abord blanc, devient plus ou moins rapidement violet; lorsqu'on coupe le pied d'un *Russula nigricans* jeune, on voit la chair qui est blanche, devenir successivement rouge, puis noire

Schœnbein, dès 1856, s'est occupé du bleuissement du *Boletus luridus* Schæff. Il l'a expliqué en admettant que ce champignon renferme, d'une part, une substance capable de transformer l'oxygène de l'air en ozone (ferment oxydant) et, d'autre part, une matière incolore, un chromogène qui s'oxyde grâce à cet ozone et devient bleu.

Cette explication me paraît acceptable.

On peut préparer une solution impure du chromogène en faisant tomber le champignon découpé dans l'alcool bouillant. On obtient ainsi un liquide alcoolique jaune qui renferme, en dissolution, la substance bleuissante. Il peut se conserver longtemps, même après addition d'eau et au contact de l'air, sans changer de couleur, parce que le ferment a été détruit sous l'influence de la chaleur.

Mais si, après l'avoir étendu de son volume d'eau, on l'additionne de ferment oxydant; si, par exemple, on l'agite avec le suc *non coloré* d'un champignon riche en ferment, comme celui du *Russula cyanoxantha* ou du *R. furcata*, on le voit prendre, au bout d'une demi-minute, une coloration verte. Cette coloration est verte par suite de la superposition du bleu, qui se produit, sur le jaune préexistant.

Le verdissement du *B. erythropus* et le bleuissement du *B. cyanescens* Bull. s'expliquent de la même manière. Ils sont dus à l'oxydation d'un chromogène qui est vraisemblablement le même que le *B. luridus*. Seulement le tissu du *B. cyanescens* étant blanc, la coloration définitive est bleue. D'ailleurs, la teinture de ce bolet est presque incolore, et elle devient bleue quand on l'additionne d'eau et de suc de *R. cyanoxantha*.

La coloration violette que prend à l'air le lait du *Lactarius flavidus* Boud. provient également de l'oxydation d'un chromogène soluble dans l'alcool sous l'influence d'un ferment oxydant qu'il renferme.

Enfin, le noircissement du *Russula nigricans* (Bull.) se fait aussi de la même façon. Mais ici le chromogène noircissant est insoluble dans l'alcool et soluble dans l'eau, propriétés qui nous ont permis de le préparer à l'état pur et cristallisé.

Pour cela, on traite le champignon par l'alcool à 95° bouillant ; on laisse refroidir; on enlève le liquide alcoolique par expression ; on ajoute, au résidu, deux ou trois fois son poids d'eau bouillante ; on exprime et on filtre chaud. Le chromogène cristallise par refroidissement.

Ce chromogène, comme cela résulte des analyses de M. Bertrand, n'est pas autre chose que de la tyrosine. L'étude de son oxydation par le ferment oxydant des Russules, nous a conduit à admettre que ce ferment diffère de la laccase (ferment oxydant de l'arbre à laque).

En effet, celle-ci n'agit pas sur la tyrosine, et, de plus, le bioxyde de plomb et l'hypochlorite de soude qui déterminent la plupart des oxydations que provoque la laccase (bleuissement du gaïac, etc.), sont incapables, eux aussi, d'oxyder la tyrosine, et, par conséquent, de colorer en noir ses solutions.

Sur la présence générale, dans les champignons, d'un ferment oxydant agissant sur la tyrosine, et sur quelques-unes de ses propriétés (**27** et **110**). — Cette résistance si spéciale de la tyrosine à la laccase et aux oxydants ordinaires m'a engagé à reprendre l'étude des solutions oxydantes que fournissent les champignons, et à rechercher, tout d'abord, si toutes celles qui bleuissent la teinture de résine de gaïac en présence de l'air peuvent noircir aussi les solutions de tyrosine.

Sur 50 espèces environ dont j'ai constaté les propriétés oxydantes, quatre seulement, les *Boletus erythropus* et *luridus*, le *Mycena polygramma* et le *Tr. album* n'agissent que sur la teinture de gaïac; toutes les autres (en particulier les Russules et les Lactaires), agissent à la fois sur ce réactif et sur la tyrosine.

En raison de ce petit nombre d'exceptions, qui peuvent tenir à certaines circonstances expérimentales, par exemple, à la présence, dans ces espèces, de substances s'opposant à l'action du ferment sur la tyrosine, on peut dire, semble-t-il, que l'existence d'un ferment oxydant, agissant sur la tyrosine, est générale chez les champignons qui jouissent de propriétés oxydantes.

Peut-être ces deux actions (sur la résine de gaïac et sur la tyrosine), sont-elles produites par deux substances oxydantes existant simultanément dans ces végétaux ? Peut-être même, en admettant cette hypothèse, que la substance qui bleuit le gaïac chez les champignons diffère de celle qui donne la même réaction dans beaucoup de phanérogames ?

Quoi qu'il en soit, 1° les macérations, obtenues par trituration avec de l'eau, de *Senecio vulgaris*, de *Lactuca sativa*, de *Taraxacum dens leonis*, de *Sonchus oleraceus*, qui bleuissent la teinture de gaïac, sont sans action sur la tyrosine.

2° La macération aqueuse de pissenlit perd rapidement ses propriétés oxydantes à la lumière, tandis que les macérations de champignons chloroformées les conservent, en général, pendant longtemps.

3° Les macérations des champignons sont beaucoup moins sensibles à l'action paralysante de l'acide cyanhydrique que celles de laitue ou de pissenlit. Pour enlever à ces dernières leur pouvoir de colorer la teinture de gaïac, il suffit d'ajouter, à 2 centimètres cubes de macération, une seule goutte d'acide cyanhydrique à 1,5 0/0, tandis que 10 gouttes du même acide, ajoutées à un même volume de macération de *R. delica*, n'empêchent pas celle-ci de bleuir encore le réactif.

4° La macération de *R. delica* colore en rouge violet l'empois d'amidon additionné d'iodure de potassium et d'acide acétique (séparation d'iode). Il en est de même de la macération de pissenlit.

5° Lorsqu'on filtre une macération de *R. delica* à travers un filtre de porcelaine d'amiante, on obtient un liquide oxydant moins actif que le liquide primitif. On sait qu'il en est de même avec les solutions de ferments hydratants.

Influence des agents chimiques sur l'activité du ou des ferment oxydants des ***Champignons*** (**28** et **30**). — Avant d'étudier l'action des matières oxydantes des champignons sur divers corps oxydables, étude qui se trouve résumée plus loin, il était indispensable d'examiner l'influence que peut exercer la présence des substances étrangères et, en particulier, des liquides neutres autres que l'eau, des acides et des alcalis : ces substances pouvant empêcher, retarder ou favoriser l'oxydation.

Liquides neutres. — L'alcool éthylique, à la dose de 50 0/0, en volume, n'empêche pas l'action oxydante des macérations de champignons sur la

tyrosine. Si, par exemple, à 5 cent. c. de solution de tyrosine à 0,5 pour 1000, on ajoute 5 cent. c. de macération de *Russula delica*, puis 10 cent. c. d'alcool absolu, le mélange se colore peu à peu, d'abord en rouge, puis en noir. A la fin, il se dépose un précipité noir. La réaction se produit donc comme si l'on avait opéré en liquide aqueux.

L'oxydation se passe de la même façon avec l'alcool méthylique. D'où il suit que la présence de 50 % de l'un ou l'autre de ces alcools n'entrave pas la réaction. Cette observation a son importance ; elle montre que lorsqu'un corps n'est pas soluble dans l'eau, on peut, si l'on veut essayer son oxydabilité, opérer en solution alcoolique faible. Ajoutons, d'ailleurs, que les alcools éthylique et méthylique ne sont pas oxydés par les macérations de champignon.

Acides.— L'influence des acides varie suivant les acides ajoutés et suivants les corps oxydables considérés.

La présence d'acide acétique à la dose de 50 p. 1000, et probablement encore à une plus forte dose, n'empêche pas l'action oxydante des macérations de champignons sur la teinture de gaïac, qui bleuit avec la même intensité que si l'on opérait en liqueur neutre. Cet acide, employé à des doses beaucoup plus faibles, retarde ou empêche l'oxydation du phénol ; il favorise au contraire l'oxydation de l'aniline.

De très petites proportions d'acide sulfurique ou oxalique s'opposent à l'action du ferment sur la tyrosine. Il suffit de 0,4 p. 1000 de l'un ou l'autre de ces acides pour empêcher toute action.

Alcalis. — Je n'ai guère étudié que l'influence du carbonate de soude.

La présence de ce sel en petites proportions retarde l'oxydation de la tyrosine. De plus, on remarque que le liquide noircit dès l'origine de la réaction au lieu de rougir d'abord pour noircir ensuite. On pourra, à l'occasion, s'appuyer sur ce fait pour distinguer la tyrosine.

De petites quantités de carbonate de soude favorisent, au contraire, l'oxydation du phénol.

On voit, par là, combien il faut être circonspect avant d'affirmer qu'un ferment oxydant n'agit pas sur un corps déterminé, cela pouvant tenir à une question de milieu.

Sur l'emploi du gaïacol comme réactif des ferments oxydants **(104)**.— La teinture de résine de gaïac est, depuis Schœnbein, considérée comme

un réactif très sensible des substances organiques oxydantes. Ce réactif présente cependant quelques inconvénients. En particulier, il s'altère à la longue et perd de sa sensibilité ; de plus, la résine de gaïac, qui en est la base, est un produit complexe dont la composition est imparfaitement connue.

On peut employer, à sa place, dans la plupart des cas, une solution aqueuse de gaïacol, corps bien défini qu'on se procure facilement à l'état cristallisé et pur. Lorsqu'on ajoute à cette solution quelques gouttes d'une macération de *R. delica*, par exemple, on voit, presque aussitôt, le mélange prendre une belle teinte rouge orangé. Plus tard, la couleur se fonce et il se fait un précipité rouge grenat.

Le gaïacol présente, d'ailleurs, avec le composé bleuissant de la résine de gaïac, les ressemblances et les différences suivantes :

1° La solution de gaïacol, comme la teinture de gaïac, est oxydée non seulement par les substances oxydantes des champignons, mais encore par celles de diverses phanérogames (gomme arabique, gomme d'abricotier) ;

2° On peut se servir, comme dissolvant de la résine de gaïac, d'une solution aqueuse d'hydrate de choral (Schaer) ; de même, la solution d'hydrate de chloral dissout de fortes proportions de gaïacol, et le liquide que l'on obtient est coloré en rouge orangé par les ferments oxydants qui colorent la solution *aqueuse* de gaïacol ;

3° La matière colorante bleue de la teinture de gaïac oxydée est détruite lorsqu'on ajoute quelques gouttes d'alcali, ou lorsqu'on chauffe vers 100 degrés. Il en est de même pour la matière rouge que l'on vient d'obtenir en faisant agir le ferment oxydant sur la solution de gaïacol ;

4° Le produit d'oxydation du gaïacol est, comme le bleu de gaïac ou la quinone, un ozonide, c'est-à-dire qu'il peut céder son oxygène à d'autres corps oxydables, au napthtol α, par exemple. Si, au liquide qui renferme ce gaïacol oxydé (obtenu par addition d'un peu de macération de *R. delica*), on ajoute quelques centimètres cubes de solution d'α-naphtol dans l'alcool faible, on voit la couleur rouge disparaître pour faire place à la couleur mauve que donne l'α-naphtol avec le ferment oxydant.

Action des ferments oxydants des Champignons sur les phénols et leurs dérivés (**31**, **102**, **107**). — Je me suis servi, pour étudier cette action, d'une macération obtenue en triturant les champignons (*Russula delica*, dans la plupart des cas) avec du sable lavé et de l'eau chloroformée. Voici le résumé de mes observations sur ce point :

1. Phénols. — Le *phénol ordinaire* en solution aqueuse est oxydé rapidement en présence d'une faible proportion de carbonate de soude (3 p. 1000 de carbonate cristallisé). Le mélange prend d'abord une teinte rougeâtre, puis devient noir foncé. Il s'oxyde très lentement en milieu neutre et encore plus lentement en milieu acide. Dès que la proportion d'acide acétique, par exemple, atteint 1 à 2 p. 100, la réaction est arrêtée complètement.

Les *crésols* sont oxydés également. Avec l'*orthocrésol* le liquide devient d'abord jaune verdâtre, il passe ensuite au brun jaunâtre et laisse déposer un précipité brun sale. Avec le *métacrésol*, il y a formation d'un précipité blanc rosé. Avec le *paracrésol*, le liquide se colore d'abord en rouge, passe ensuite au noir foncé et finalement devient presque noir. L'oxydation du paracrésol est favorisée par la présence d'une petite proportion de carbonate de soude (1 à 5 p. 1000).

Les trois *xylénols* que j'ai essayés sont tous oxydés par la macération oxydante. L'*orthoxylénol* donne un précipité blanc qui devient couleur saumon ; le *métaxylénol*, un précipité blanc sale, qui passe peu à peu au jaune brunâtre ; le *paraxylénol* un précipité rose très clair.

Le *thymol* s'oxyde surtout en présence d'une petite quantité de carbonate de soude. Il donne un précipité blanc assez volumineux.

Le *carvacrol* donne, en milieu neutre, un précipité blanc. Le volume d'oxygène absorbé, pendant l'oxydation, est plus grand avec le carvacrol qu'avec le thymol.

Les deux *naphtols*, en s'oxydant sous l'influence de la macération oxydante, donnent lieu à des réactions qui pourraient servir à distinguer ces isomères l'un de l'autre. Avec l'*α*-naphtol, le mélange se colore d'abord en violet, ensuite en blanc, après quoi il se forme un précipité blanc sale. Avec le *β-naphtol*, on voit se produire un précipité blanc qui jaunit peu à peu.

L'*hydroquinone* en s'oxydant donne un mélange de quinone et de quinhydrone.

Avec la *résorcine*, l'oxydation est favorisée par la présence d'une petite quantité de carbonate de soude. Le mélange devient rouge et présente bientôt une belle florescence verte.

Le *pyrogallol*, comme on l'a déjà vu, fournit des cristaux de purpurogalline.

Enfin, la *phloroglucine*, qui est le phénol le plus résistant à l'oxydation parmi ceux que j'ai essayés, donne une coloration jaune passant plus tard au brun.

II. Dérivés éthérés des phénols.— Il s'agit ici de composés phénoliques provenant de la substitution d'un radical d'alcool à l'hydrogène de l'oxhydrile phénolique.

Anisol.— En milieu neutre, c'est-à-dire sans addition d'acide ou d'alcali, l'oxydation se manifeste par une coloration vert jaunâtre, passant au rouge cerise, puis au rouge foncé, presque noir.

Phénétol.— Mêmes colorations qu'avec l'anisol.

Gaïacol.— Réaction déjà indiquée précédemment.

Acétylgaïacol.— Mêmes colorations qu'avec le gaïacol.

Vératrol.— La réaction se manifeste par une coloration jaune rouge, allant d'abord en s'accentuant pour diminuer ensuite.

Créosol.— La réaction se manifeste d'abord par une coloration verte du liquide qui passe bientôt au jaune rougeâtre sale. Si on agite alors vivement, le liquide redevient vert, pour repasser au jaune rougeâtre au bout de quelques instants de repos ; on peut reproduire plusieurs fois ces changements de couleur. Plus tard, il se fait un précipité blanc jaunâtre persistant.

Eugénol. — En milieu neutre, formation d'un précipité blanc rosé. Dans les commencements, odeur très nette de vanilline. J'ai constaté, dans cette expérience, l'absorption d'un volume d'oxygène considérable.

Acétyleugénol. — Mêmes résultats qu'avec l'eugénol.

Vanilline. — La vanilline est oxydée par la macération, avec formation d'un précipité blanc grisâtre relativement volumineux et composé en partie d'aiguilles groupées en faisceaux. — L'addition d'un peu d'acide acétique favorise la réaction.

Acide vanillique. — Ce corps lui-même est oxydé avec formation d'un précipité blanc grisâtre.

Amines aromatiques. — *Aniline.* — L'oxydation de l'aniline en solution aqueuse se fait très lentement en présence de la macération oxydante. Elle se fait très rapidement lorsqu'on

acidifie le mélange avec de l'acide acétique (de 1 à 4 p.1000). On voit alors se produire d'abord une coloration jaune sale, puis un précipite jaune brunâtre soluble dans l'éther.

Sulfate d'aniline. — Ce sel, en solution étendue, donne, sous l'influence de la macération oxydante, un précipité noirâtre susceptible de se fixer directement sur le coton. Si l'on trempe, dans le mélange, un tissu de coton et si l'on fait passer lentement un courant d'air, à travers ce mélange, le tissu se colore en gris perle. La couleur résiste à l'action de l'eau bouillante.

Méthylaniline. — Il se fait, avec cette base, une coloration jaune qui passe au vert, puis au violet. A la fin, dépôt gris-rougeâtre. L'addition d'une petite quantité d'acide acétique parait activer la réaction.

Ethylaniline et diéthylaniline — Avec la première de ces bases on obtient finalement un précipité bleu foncé doué d'une grande puissance colorante. Avec la seconde, coloration d'abord jaune, passant au vert et, en dernier lieu, au bleu foncé.

Toluidines. — L'oxydation de ces bases est, comme celle de l'aniline, favorisée par la présence d'une petite quantité d'acide acétique. Avec l'*orthotoluidine*, les liquides se colorent, au bout de quelques minutes, en un beau violet bleu. Avec la *métatoluidine*, les liquides prennent d'abord une teinte brun sale ; il se fait ensuite un précipité violet très abondant. Avec la *paratoluidine*, coloration rose passant au rouge vineux.

Aniline pour rouge. — C'est ce produit qui, dans l'industrie, est employé pour la préparation de la fuchsine. En mélangeant une solution légèrement acidulée par l'acide acétique de cette aniline avec de la macération oxydante et en faisant passer un courant d'air on obtient aussi une sorte de fuchsine à peu pres insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool qu'elle colore en rouge groseille.

Xylidines. — L'oxydation des xylidines est également favorisée par l'addition d'un peu d'acide acétique.

Avec l'*orthoxylidine* α, coloration rouge vineux suivie de la formation d'un précipité violet.

Avec la *métaxylidine* α, coloration rougeâtre suivi de la formation d'un précipité rouge foncé.

Avec la *paraxylidine*, coloration bleu violacé et précipité de même couleur.

Naphtylamines. — Le composé α s'oxyde facilement ; en milieu légèrement acidulé, il donne un précipité violet rouge. Le composé β s'oxyde difficilement ; les liquides se colorent en jaune clair.

Vératrylamine. — Ce composé est un réactif très sensible des substances oxydantes. Il donne en quelques minutes une coloration violette *très foncée*, puis un précipité rouge.

Rôle des ferments oxydants des Champignons dans la coloration du chapeau de ces vegetaux (**110**.). — Les faits exposés ci-dessus montrent que les ferments oxydants des champignons agissent sur un nombre considérable de composés phénoliques en donnant les matières colorantes les plus diverses. On sait, d'autre part, combien sont variées les colorations de nos grands Champignons. Aussi devait-on se demander si ces colorations n'étaient pas produites par l'action, sur des chromogènes particuliers, des ferments oxydants ou peut-être même de l'ozone de l'air Parmi les observations que j'ai faites, venant à l'appui de cette manière de voir, je citerai les suivantes :

Si on triture le *Lactarius deliciosus* avec de l'eau chloroformée et du sable, et si on filtre aussitôt, on obtient un liquide incolore. Mais ce liquide abandonné à lui-même, se colore peu à peu en jaune aurore, prenant ainsi une teinte qui rappelle en plus faible celle de l'ensemble du champignon.

Avec le *Clitocybe inversa* dont le chapeau est jaune brunâtre, on obtient un liquide incolore ou à peine coloré qui prend peu à peu la couleur de ce chapeau.

Avec le *Russula lepida* dont l'épiderme du chapeau est rouge, la chair blanche triturée avec du sable et de l'eau donne un liquide qui prend à l'air une teinte rose-rouge légère pour brunir ensuite.

Or ces champignons sont tous trois riches en substances oxydantes : il est donc tout naturel de rapporter la production de la matière colorante à l'action de ces substances. L'oxydation s'effectuerait dans l'épiderme ou dans les parties immédiatement sous-jacentes et le pigment formé se trouverait localisé.

Sur la durée de l'activité des solutions de ferments oxydants des Champignons, soit dans l'eau chloroformée, soit dans la glycérine. (**103** *et* **113**). — Les solutions oxydantes obtenues en triturant les champignons, avec du sable et de l'eau chloroformée, puis additionnées, après filtration, de quelques gouttes de chloroforme et placées à l'obscurité, peuvent conserver leur activité au moins pendant 2 mois. Cette durée varie d'ailleurs suivant les espèces traitées. La disparition de cette activité n'a pas lieu en même temps pour toutes les substances oxydables. Ainsi, une macération oxydante préparée avec le *R. delica* avait perdu au bout de deux mois la propriété d'agir sur la tyrosine, l'anisol, le phénétol, la vanilline, mais agissait encore activement sur le naphtol α, la teinture de gaïac, le créosol, etc. Ce fait vient à l'appui de ce qui a été dit précédemment, à savoir que les macérations oxydantes de Russule pourraient renfermer au moins deux ferments oxydants. L'un de ces deux ferments, celui qui agit sur la tyrosine, l'anisol, etc., serait détruit avant l'autre.

Les propriétés des ferments oxydants des Champignons se conservent encore plus longtemps en solution dans la glycérine. Des solutions, obtenues par trituration du *Lactarius velutinus* avec de la glycérine et filtration, possédaient encore toutes leurs propriétés au bout de huit mois, d'où il suit que de telles solutions, qui fournissent, avec certains corps, des réactions caractéristiques, peuvent entrer dans l'arsenal des réactifs.

Sur quelques propriétés du carmin d'indigo, qui le rapprochent des ferments oxydants naturels (**112**). — On sait que le carmin d'indigo, qui est composé de dérivés sulfo-conjugués de l'indigotine, peut oxyder le glucose. Si, à une solution de glucose, on ajoute un peu de carbonate de soude et quelques centimètres cubes d'une solution étendue de carmin d'indigo, et si l'on chauffe, on voit la liqueur se décolorer. L'indigo bleu cède son oxygène au glucose et se change en indigo blanc. Si on laisse refroidir et si on agite, le liquide reprend sa couleur bleue. Si on chauffe, le liquide se décolore de nouveau et, ainsi de suite, jusqu'à ce que le glucose soit tout à fait oxydé. De sorte que, une petite quantité de carmin d'indigo suffit pour oxyder une grande quantité de glucose.

Cette expérience rapproche évidemment le carmin d'indigo des ferments oxydants. Toutefois, on remarquera que, pour oxyder le glucose, on a été obligé de chauffer en présence d'un carbonate alcalin. L'expérience suivante, dans laquelle l'oxydation se fait à la température ordinaire, montre mieux les analogies

On ajoute 2 centimètres cubes de solution de carmin d'indigo à 1 p. °/₀ à une solution d'hydrogène sulfurée récemment préparée, et on laisse reposer. Au bout de deux à trois minutes le mélange est décoloré. On agite, il reprend sa couleur. On laisse reposer de nouveau, il se décolore et, ainsi de suite, jusqu'à oxydation complète de l'hydrogène sulfuré. Il y a formation d'eau et de soufre.

Cette expérience peut être répétée dans un cours. La présence d'une petite quantité d'acide sulfurique empêche l'action du carmin d'indigo. Il en est de même, d'ailleurs, avec les ferments oxydants.

Actions successives d'un ferment hydratant et d'un ferment oxydant. (**26**). — Si, dans une solution étendue de salicine, on ajoute successivement quelques centigrammes d'émulsine, puis un peu d'une solution de certains ferments oxydants, on constate que le mélange exhale, au bout de 24 à 48 heures, l'odeur d'aldéhyde salicylique.

La formation de cet aldéhyde peut s'expliquer comme il suit. Dans une première phase, la salicine (glucoside de l'alcool salicylique) est dédoublée par l'émulsine en glucose et alcool salicylique. Dans une seconde phase, l'alcool salicylique, sous l'influence du ferment oxydant, absorbe l'oxygène de l'air et donne de l'aldéhyde salicylique.

Il est vraisemblable que des réactions analogues ont lieu chez les êtres vivants. Il est permis, en particulier, de penser que celles dont il vient d'être question se produisent dans la Spirée ulmaire ou Reine des prés (*Spiræa Ulmaria*). On a signalé, en effet, la présence de la salicine dans la racine de cette plante, et l'on sait que ses fleurs doivent leur odeur à l'aldéhyde salicylique.

IV. — Travaux relatifs à la physiologie et à la chimie des sucres et des hydrates de carbone.

Sur un artifice facilitant la recherche du trehalose dans les champignons (**52**). — Dès mes premiers travaux sur les matières sucrées contenues dans les champignons, j'ai dû chercher un moyen rapide de déceler le tréhalose de ces végétaux. On obtient les meilleurs résultats en provoquant la cristallisation de ce sucre de la façon suivante :

Le champignon *frais* est épuisé, *le plus tôt possible après la récolte*, par l'alcool à 90° degrés bouillant. La solution alcoolique est distillée et le liquide restant dans la cornue évaporé jusqu'à ce qu'il ne pèse plus que le dixième du poids du champignon traité. Le résidu, refroidi et filtré, est additionné de 3 à 4 volumes d'alcool à 90° afin de précipiter différents sels et certaines matieres azotées. On laisse reposer, on filtre, on distille pour retirer l'alcool et, finalement, on évapore le résidu en consistance sirupeuse.

Le sirop étant refroidi, on prend une lame de verre sur le milieu de laquelle *on frotte légèrement avec un cristal de tréhalose*, après quoi, on dépose une goutte de sirop sur la place frottée. On recouvre avec une lamelle et on met la préparation sous une cloche.

Lorsque le champignon traité renferme du tréhalose, la cristallisation commence presque aussitôt, se faisant d'abord exclusivement sur les endroits frottés. Au bout de dix minutes, quelquefois un peu plus, suivant la concentration, les lignes de frottement, antérieurement à peine visibles, apparaissent à l'œil nu couvertes de cristaux fins que l'on reconnaît être des octaèdres si on examine au microscope. Plus tard la cristallisation s'étend dans l'ensemble de la préparation; mais les endroits frottés se montrent toujours les plus chargés en cristaux.

Au bout de 24 heures on peut gratter les cristaux ainsi formés et les introduire dans la totalité du sirop; on provoquera immédiatement la cristallisation du tréhalose dans la masse.

Comme on le voit, en opérant ainsi, non seulement on accélère la cristallisation, mais on a immédiatement une indication précise sur la nature de la matière sucrée saturant le sirop, puisqu'un cristal d'un corps déterminé ne peut provoquer la cristallisation que d'un composé identique.

Sur la présence et la disparition du tréhalose dans l'Agaric poivré (**Lactarius piperatus** Scop.) (**48, 49**). — Les divers chimistes qui ont analysé autrefois l'Agaric poivré (Braconnot, Knop et Schnedermann, Bolley), n'en ont pas retiré d'autre matière sucrée que la mannite.

Si, pourtant, on choisit des individus assez jeunes et si on les fait tomber dans l'eau bouillante aussitôt après la récolte (pas plus d'une heure après), on peut retirer du décocté une proportion relativement grande de tréhalose presque pur.

Au contraire, lorsqu'on les conserve un certain temps avant de les traiter, ou lorsqu'on traite des individus âgés ou desséchés à basse température, on n'obtient que de la mannite.

Dans une de mes recherches sur ce sujet (par une journée très chaude), un lot d'Agarics poivrés jeunes (4 kilogrammes) ayant été partagé en deux portions au moment de la récolte, l'une des portions fut traitée par l'eau bouillante une heure environ après la récolte, et l'autre cinq heures plus tard. La première donna 20 grammes de tréhalose brut et la seconde 19 grammes de mannite.

Si on anesthésie les champignons au moment de la récolte avec du chloroforme, la disparition du tréhalose et la production de mannite n'ont pas lieu, ce qui montre que ces transformations sont une conséquence de la végétation qui se poursuit chez ces végétaux, même quand ils sont séparés du substratum, mais est arrêtée par le chloroforme.

En présence du chloroforme, on observe cependant la formation d'une petite quantité de glucose.

J'ai déjà fait remarquer que ce glucose provient, sans doute, de l'action de la tréhalase que renferme le champignon sur le tréhalose, l'action des ferments solubles n'étant pas empêchée par l'anesthésique.

Sur la répartition des matières sucrées dans le Cèpe comestible (**Boletus edulis** Bull.) *et le Cèpe orangé* (**Boletus aurantiacus** Bull.) (**51**). — La partie aérienne d'un de nos grands champignons hyménomycètes, c'est-à-dire le réceptacle fructifère, comprend un pied soutenant un chapeau qui porte inférieurement tantôt des feuillets ou lames (*Agaric*), tantôt des tubes (*Bolet*), tantôt des aiguillons (*Hydne*). L'ensemble de ces feuillets, tubes ou aiguillons constitue l'*hyménophore*.

La suite de mes travaux sur les matières sucrées des champignons m'a amené à m'occuper de la nature et des proportions des divers sucres

contenus dans chacune des parties que je viens de rappeler : pied, chapeau et hyménophore.

Si j'ai choisi, comme sujets d'étude, des bolets, c'est parce que chez ces Champignons, l'hyménophore se sépare facilement du chapeau.

Dans ces recherches, les parties de champignon analysées ont toujours été traitées dans l'alcool bouillant, autant que possible aussitôt après la récolte (2 à 3 heures) : mes travaux antérieurs m'ayant montré, comme on l'a vu, que des modifications profondes peuvent se produire dans la composition des échantillons pendant leur conservation.

Enfin, je n'ai traité que des individus adultes non encore arrivés à complète maturité. Voici les résultats de mes recherches sur ce sujet :

1° *Cèpe orangé.* — Proportions de matières sucrées contenues dans un kilogramme :

	Tréhalose.	Mannite.	Glucose.
Pied	5gr,77	6gr,29	0gr,31
Chapeau	4gr,06	3gr,97	0gr,37
Hyménophore (tubes)	0	0	0

2° *Cèpe comestible.* — Proportions de matières sucrées contenues dans un kilogramme :

	Tréhalose.	Mannite.	Glucose.
Pied	24gr,5	0	0gr,77
Chapeau	13gr,8	0	0gr,74
Hyménophore (tubes)	0	0	0

Ces chiffres montrent que, au point de vue biologique, il existe une différence essentielle entre le pied et le chapeau d'une part et l'hyménophore d'autre part.

Le pied est évidemment un organe dans lequel s'accumulent les matières sucrées de réserve qui doivent servir à la formation des spores, et l'hyménophore est l'organe dans lequel ces matières sont consommées au moment de cette formation. Il y a là un ensemble de phénomènes physiologiques très comparable à ce qu'on observe dans la betterave. Le sucre de canne s'accumule, en effet, dans la betterave pendant la première période de sa végétation, et, pendant la seconde, il est transformé en sucre interverti, lequel est consommé dans les rameaux porteurs de graines.

Cette accumulation si particulière des matières sucrées dans le pied et le chapeau, mais surtout dans le pied, paraît justifier la pratique des amateurs de cèpes qui enlèvent et rejettent les tubes (vulgairement : *foin*). Ces tubes ne renferment, en effet, aucune matière sucrée nutritive. En second lieu elle explique la localisation des larves de certains insectes diptères dans le pied des champignons, quand ceux-ci sont attaqués. Tous ceux qui ont récolté des cèpes *véreux* ont certainement remarqué que les vers, c'est-à-dire les larves, sont presque exclusivement dans le pied et, souvent même, dans la partie inférieure du pied seulement. Il s'en trouve plus rarement et en plus petit nombre dans le pseudo parenchyme du chapeau, presque jamais dans les tubes, tant que le champignon n'entre pas en putréfaction. Il est tout naturel de penser que, si les diptères déposent leurs œufs de préférence dans le pied, c'est parce que les larves, une fois écloses, y rencontrent une provision des matières sucrées dont elles font leur nourriture.

Enfin, remarquons que si on voulait préparer du tréhalose avec le cèpe comestible, il y aurait avantage à traiter ce champignon débarrassé de l'hyménophore, d'abord parce que l'hyménophore n'en contient pas et, ensuite, parce que les substances organiques solubles renfermées dans cet organe,et surtout les graisses et leurs dérivés dont les spores sont abondamment pourvues, ne viendraient pas entraver la cristallisation de la matière sucrée.

Sur l'epoque de l'apparition du trehalose dans les Champignons (**53**). — Les recherches exposées dans les deux notes résumées ci-dessus, conduisent aux deux conclusions suivantes, confirmées d'ailleurs par des recherches ultérieures :

1° Dans les champignons qui renferment du tréhalose, celui-ci disparaît à l'époque de la maturité.

2° Ce tréhalose est localisé et probablement formé dans les parties essentiellement végétatives du champignon ; il manque dans les organes différenciés comme organes sporifères (hyménophore).

D'autres recherches, résumées au chapitre premier de cette notice, ont établi que le tréhalose est, durant le développement des spores, dédoublé en dextrose par un ferment soluble spécial, dextrose utilisé à ce développement.

Entr'autres questions que soulevaient ces divers faits, il y avait d'abord celle de savoir durant quelle période de la végétation se forme le tréhalose.

Cette question a été étudiée sur quatre espèces de champignons appartenant à des groupes bien distincts :

Sclerotinia tuberosa (Hedw.), Ascomycètes.
Phallus impudicus Linn., Gastéromycètes.
Boletus Satanas Lenz, Hyménomycètes.
Aspergillus niger V. Tiegh., Ascomycètes.

La première de ces espèces, la Pézize tubéreuse, est un champignon parasite de l'Anémone sylvie (*Anémone nemorosa*). Ses filaments mycéliens pénètrent à l'intérieur des rhizômes de l'anémone, y puisent de la nourriture et y produisent en automne une sorte de tubercule noirâtre (sclérote) dont la grosseur varie depuis celle d'une lentille jusqu'à celle d'un haricot. Au printemps, ce sclérote souterrain donne naissance à une ou plusieurs petites pezizes, jaunes grisâtres, pédiculées qui, elles, sont aériennes.

En définitive, l'existence de ce champignon, à partir de la formation du sclérote, est divisée en deux périodes distinctes : une période de repos hibernal qu'il passe sous la terre à l'état de sclérote et une période de fructification caractérisée par la formation des pezizes aux dépens des matériaux nutritifs emmagasinés dans le sclérote.

Voici les résultats de mes analyses :

	Tréhalose p. °°/oo	Mannite p. °°/oo	Glucose p. °°/oo
Sclérotes d'hiver..........................	0	4,3	0
Sclérotes en fructification................	2,6	8,0	traces
Pezizes issues des sclérotes précédents. ...	traces	7,9	0

Comme on le voit, le tréhalose n'apparaît dans cette espèce qu'au moment de la formation de la pezize, c'est-à-dire de la partie du champignon dans laquelle sont engendrées les spores. En même temps se montrent des traces de glucose.

Le *Phallus impudicus* se présente tout d'abord sous la forme d'un petit tubercule souterrain produit par le mycélium. Ce tubercule s'accroît peu à peu, sort de terre et finit par atteindre la grosseur d'un œuf de poule. Primitivement constitué par un tissu homogène, il se compose alors d'une enveloppe épaisse (*volve*) recouvrant le fruit proprement dit (*sporophore*). Il peut rester ainsi quelque temps sans subir de changements apparents ; mais si les conditions d'humidité sont favorables, le fruit dont le pied s'allonge, perce la volve et atteint en quelques heures une longueur de 20 à 30 centimètres. L'allongement se fait évidemment aux dépens des matériaux nutritifs accumulés dans le tubercule, car il se produit encore si on emporte ce dernier et si on le maintient dans une atmosphère humide, en le mettant, par exemple, dans un pot, sur de la mousse imbibée d'eau.

L'analyse de cette espèce à différentes époques de son développement a donné les résultats suivants :

	Tréhalose p. °°/oo	Mannite p. °°/oo	Glucose p. °°/oo
Phallus jeune (avant déchirement de la volve).....	traces	0,6	0,4
— avancé (6 à 8 heures après déchirement)...	2,3	1,1	9,8
— plus avancé (28 à 36 h. après déchirement)	1,0	1,2	9,6
— tres âgé (après disparition des spores).....	0	2,1	7,7

Dans le *Phallus impudicus*, le tréhalose apparaît donc au moment de l'élongation du pied, c'est-à-dire dans la période de quelques heures qui précède la maturité complète.

Pour le *Boletus Satanas*, il n'a été fait que 2 séries d'analyses dont voici les résultats :

	Tréhalose p °°/oo	Mannite p °°/oo	Glucose p °°/oo
B. satanus très jeune.........................	0	0	0
— adulte..........................	2,8	2,6	0,83

L'apparition du tréhalose coïncide donc ici encore, et plus nettement, avec la formation des organes reproducteurs.

Enfin, l'*Aspergillus niger*, cultivé sur liquide de Raulin (température de 30°) donne les chiffres suivants :

	Tréhalose p. °/₀₀	Mannite p. °/₀₀
Culture de 48 heures	0	6,6
— 68 —	4,4	9,1
— 96 —	0	10,5

Le tréhalose n'a donc fait son apparition qu'au moment de la formation des carpophores.

En résumé, comme on le voit par ces quatre exemples, le tréhalose ne se forme en quantité notable que lorsque commence la production des spores.

Sur la volemite, nouvelle matière sucree retirée du **Lactarius volemus** Fr. (**32** et **56**). — Au cours de mes recherches sur les matières sucrées contenues dans les champignons, j'ai retiré de l'un de ces végétaux. le *L. volemus,* un sucre nouveau, voisin de la mannite. Je lui ai donné le nom de *volemite.*

La *volemite* se présente sous la forme de fines aiguilles blanches rassemblées en petites granulations. Elle fond à 149-151° ; elle est soluble dans 4 fois $\frac{1}{2}$ son poids d'eau à 14° et dans 280 fois son poids d'alcool. Elle possède une saveur légèrement sucrée. Sa solution aqueuse dévie à droite le plan de la lumière polarisée. Son pouvoir rotatoire est voisin de 2° pour αD.

Elle ne réduit pas la liqueur cupro-potassique ; elle ne fermente pas en présence de la levure de bière. Elle fournit, comme la mannite, des acétals bien cristallisés avec les aldéhydes éthylique et benzylique.

M. Emile Fischer, à qui j'ai envoyé un échantillon de ce sucre, le classe parmi les heptites ($C^7 H^{16} O^7$). C'est donc un homologue supérieur de la mannite. On ne connaissait qu'une seule heptite naturelle, la *perseite* ; la volémite se trouve être la seconde.

Sur les matières sucrées contenues dans les champignons (**32** à **47**).— Mes recherches d'analyse immédiate des champignons, au point de vue des matières sucrées qu'ils renferment, ont fait l'objet de 16 mémoires successifs publiés de 1889 à 1893. Elles sont résumées dans ce qui suit :

Le nombre des espèces de champignons sur lesquelles ont porté les recherches dont j'ai commencé la publication en 1889 s'élève aujourd'hui à 212. Ces 212 espèces appartiennent à 51 genres ou sous-genres

différents. Une seule espèce représente les Myxomycètes : c'est l'*Æthalium septicum*; 17 espèces représentent les Ascomycètes et toutes les autres rentrent dans les Basidiomycètes. Ces dernières se décomposent en 2 Tremellinés, 183 Hyménomycètes et 9 Gastéromycètes. Bien qu'il y ait plusieurs classes entières, et, parmi les classes désignées ci-dessus, un assez grand nombre de familles dont je n'ai pas rencontré de représentant pouvant être soumis à l'analyse, je crois pourtant que la concordance des faits que j'ai observés permet d'en tirer quelques conclusions générales, et j'estime qu'il n'y a plus grand intérêt, du moins pour le moment, à poursuivre cette étude.

Ce n'est pas à dire pour cela que le sujet soit épuisé, loin de là. Ce chiffre de 212 espèces ne constitue pas la 20e partie de celui des espèces européennes qui se prêteraient à des recherches analogues à celles que je viens de terminer; et, si je m'en rapporte à diverses observations que j'ai faites sur quelques champignons assez rares, observations que je n'ai pu mettre à profit parce que ces champignons sont très peu abondants aux environs de Paris, je ne serais pas étonné que l'on découvrît encore, par la suite, quelque principe sucré non signalé encore dans ces végétaux. D'autre part, il ne manque pas d'espèces de champignons chez lesquelles il serait au moins curieux de suivre la formation et la disparition des sucres. Ainsi, par exemple, on pourra se demander quelle différence il y a, à cet égard, entre le *Scleroderma verrucosum* et son parasite le *Boletus parasiticus*, entre le *Russula nigricans* et les *Nyctalis* ; on pourra reprendre l'étude de la liquéfaction des Coprins, ou encore analyser à part, chez certains Ascomycètes, la génération à conidies et celle à périthèces. Aucune de ces questions n'est indifférente, mais elles sont toutes d'un ordre particulier et n'intéressent que secondairement les phénomènes généraux de la physiologie des sucres chez les champignons, phénomènes qu'il me reste à exposer.

Et d'abord, si on récapitule simplement les résultats relatifs aux deux matières sucrées dont la recherche a toujours été faite, sur les 212 espèces, le tréhalose a été rencontré 142 fois et la mannite 116 fois, les deux sucres s'étant trouvés présents simultanément, dans une même espèce, 46 fois. Mais la comparaison que l'on pourrait établir à l'aide de ces chiffres n'a aucune valeur physiologique, les espèces auxquelles ils se rapportent n'ayant pas été analysées dans des conditions identiques. Certains champignons, en effet, n'ont été analysés qu'après avoir été desséchés à basse température ; quelques-uns n'ont été traités qu'assez longtemps après la

récolte, et parmi ceux qui ont été traités à l'état frais et peu de temps après la récolte, il y en avait de jeunes et de très avancés. En réalité, deux séries de résultats ne peuvent être prises ici en considération : ce sont celles qui ont trait aux champignons desséchés et à ceux dont l'analyse a été trop retardée. Car, comme l'ont montré des recherches particulières déjà résumées plus haut, *les sucres se modifient pendant la dessication, ainsi que pendant la conservation des echantillons frais. Le tréhalose, s'il y en a, disparait le plus souvent en totalite ; il se forme de la mannite dont la proportion diminue ensuite peu à peu ; enfin, on voit apparaître de notables proportions de glucose.*

Si l'on réfléchit que ces modifications se font très rapidement chez beaucoup d'espèces (*Lact. piperatus* Scop), on comprendra que, dans ce qui suit, il n'ait été tenu compte que des analyses des échantillons frais rapidement traités. Ce sont les seules qui représentent réellement la composition du champignon au moment de la récolte.

Les principes sucrés que j'ai séparés en nature ou caractérisés sont : le *trehalose*, la *mannite*, la *volemite* et le *glucose*.

Glucose. — Le glucose est le glucose ordinaire ou dextrose Son identité a été établie, dès l'origine de mes recherches pour plusieurs Lactaires.

Volémite.— La volémite est le sucre nouveau dont j'ai parlé dans la note résumée ci-dessus. Etant homologue de la mannite, elle doit, au point de vue physiologique, être considérée comme équivalant à cette dernière.

Mannite.— On sait que la mannite ordinaire, celle qu'on retire de la manne du frêne ne possède pas par elle-même de pouvoir rotatoire sensible. Mais, lorsqu'on ajoute du borate de soude à une solution de cette mannite, elle acquiert la propriété de dévier assez fortement à droite la lumière polarisée. Il y a quelques années, E. Fischer a réussi à préparer artificiellement deux autres mannites dont les solutions aqueuses n'exercent pas non plus d'action sensible sur le plan de la lumière polarisée ; mais si on ajoute du borate de soude à ces solutions, l'une d'elle reste inactive tandis que l'autre dévie assez fortement à gauche. On connait donc actuellement trois mannites optiquement isomères ; et, en raison des propriétés que présentent leurs solutions additionnées de borax, on les désigne sous le nom de mannite droite, mannite inactive et mannite gauche.

Il y avait évidemment intérêt à rechercher, au moins pour quelques champignons, quelle sorte de mannite ils contiennent. J'ai eu recours pour cela au procédé qui a été donné par le chimiste cité plus haut et qui est le suivant : On pèse exactement 0 gr. 60 de mannite à examiner

et 1 gr. 48 de borax cristallisé. On dissout le tout dans 20 c. c. d'eau et on examine le liquide au polarimètre à pénombre dans le tube de 2 décimètres. Si l'on a affaire à de la mannite droite, on observe une déviation de 1°70 *à droite*. Si c'est de la mannite gauche, la déviation est de 1°70 *à gauche*. Si enfin c'est de la mannite inactive, on n'observe pas de déviation.

J'ai examiné de cette façon la mannite que j'ai retirée des espèces qui suivent : *Lactarius velutinus* Bert., *L. piperatus* (Scop.), *Russula nigricans* (Bull.), *Elaphomyces Leveillei* Tul. et *El. Asperulus* Vitt. Pour l'*El. Leveillei*, j'ai même examiné plusieurs cristallisations successives. J'ai toujours observé des déviations à droite dont la grandeur s'est tenue entre + 1°70 et + 1°80. Il est donc hors de doute que la mannite des champignons, comme celle de la manne, est de la mannite droite.

Trehalose. — La tréhalose est assurément la plus intéressante des quatre matières sucrées. On ne l'a rencontré jusqu'ici, chez les végétaux, que dans les Champignons, et mes recherches établissent que, contrairement à ce que laissaient supposer les travaux des savants qui m'ont précédé dans l'étude chimique de ces végétaux, *sa presence y est essentiellement generale*. Il n'y a pas un genre ou sous-genre, parmi ceux dont j'ai pu traiter plusieurs espèces dans des conditions convenables (sauf le genre *Elaphomyces*) qui ne m'en ait fourni à l'analyse au moins pour une de ces espèces. Le plus souvent même j'en ai retiré de la totalité ou de la majorité des espèces. Le premier cas s'est présenté pour 11 genres ou sous-genres dont les 76 espèces analysées renfermaient du tréhalose ; le second pour 7 genres ou sous-genres dont 42 espèces sur 60 analysées en contenaient également. Enfin, pour 13 autres genres, il y en avait aussi dans l'unique espèce que j'ai pu étudier. En réalité, il n'y a que 5 genres, ou sous-genres dont les espèces analysées dans de bonnes conditions qui n'en ont pas fourni sont en majorité ; ce sont les genres *Russula*, *Lactarius*, *Psalliota*, *Lepiota* et *Elaphomyces*. On peut donc conclure, surtout si l'on réfléchit que les résultats négatifs du genre des précédents ne sont jamais définitifs, que l'origine du tréhalose *dans les champignons doit être rapportée à quelque phénomène general de leur vegetation et a, peut-être, une relation directe avec leur vie sans chlorophylle.*

Ce tréhalose est un aliment de réserve. Comme je l'ai montré : « *Il ne se forme dans les Champignons que lorsque ceux-ci commencent à produire des spores et il disparaît peu à peu pendant la maturation*. Mais comment disparaît-il ?

On sait que le tréhalose, sous certaines influences, se dédouble en deux

molécules de dextrose. S'il n'est pas possible d'affirmer pour le moment que le dextrose des champignons provient dans tous les cas d'un dédoublement semblable — puisqu'il en a été trouvé dans plusieurs espéces, alors que le tréhalose n'a pu y être décelé — du moins doit-on reconnaître qu'il existe d'étroites relations de présence entre les deux sucres. En effet, comme le tréhalose, le glucose ne se rencontre pas en général dans le champignon tout à fait jeune, et ce n'est que lorsque le premier existe déjà en notables quantités que le second fait à son tour son apparition. Inversement, dans le champignon avancé, quand le tréhalose a disparu, on trouve encore du dextrose. Il y a là, comme je l'ai déjà fait remarquer, une succession de phénomènes à peu prés comparable à celle qu'on observe chez la betterave, dans la racine de laquelle on voit se former d'abord un sucre isomére du tréhalose, du sucre de canne ; puis, aux dépens de celui-ci, du dextrose et du lévulose qui disparaissent ensuite peu à peu.

Au surplus, la découverte que j'ai faite, d'un ferment soluble capable de dédoubler le tréhalose en dextrose, ferment qui se trouve dans les Champignons — comme l'invertine, ferment hydrolysant du sucre de canne, se trouve dans la betterave — vient compléter les analogies.

Si l'on est conduit, comme je viens de le montrer, à supposer l'existence d'un rapport direct entre le dextrose et le tréhalose, mes observations relatives à la mannite permettent également de conclure que cette derniére matière sucrée dérive du tréhalose ou mieux du dextrose qui sert d'intermédiaire.

Cette conclusion se trouve, en premier lieu, appuyée par des faits analogues à ceux dont j'ai parlé plus haut à propos de l'origine du glucose. Je n'y insisterai pas. De plus —et le fait a été l'objet d'une note spéciale— si l'on conserve un champignon renfermant du tréhalose dans le laboratoire, on constate qu'au bout d'un temps variable avec la température, mais court en général, le tréhalose disparaît en totalité et se trouve remplacé, à trés peu prés, par de la mannite (*Lact. piperatus*).

Dans les laboratoires, on passe du glucose à la mannite à l'aide de l'hydrogène naissant. La réaction est la suivante :

$$\underbrace{C^6\ H^{12}\ O^6}_{\text{glucose}} + H^2 = \underbrace{C^6\ H^{14}\ O^6}_{\text{mannite}}$$

Cette réaction répond à un phénoméne de réduction et l'on doit supposer que, dans les champignons, le passage du glucose à la mannite se fait sous l'influence de phénoménes analogues.

C'est là, il est vrai, une hypothèse ; mais cette hypothèse permet de s'expliquer assez simplement les différences que l'on observe entre la nature des matières sucrées contenues dans les diverses espèces de champignons, tout en admettant que le sucre originel est le tréhalose. Si les actions réductrices s'exerçent dés la formation des premières traces de tréhalose, il peut se présenter deux cas : ou elles suffisent à l'hydrogénation de la totalité du sucre et on ne trouve que la mannite, ou elles ne suffisent pas et l'on trouve à la fois de la mannite et du tréhalose, ou encore de la mannite, du tréhalose et du glucose. Si, au contraire, les actions réductrices ne s'exercent que plus tard, on trouve tout d'abord du tréhalose, puis, lorsque le champignon est plus âgé, du tréhalose, du glucose et de la mannite et, finalement, du glucose et de la mannite.

D'ailleurs, et toujours dans l'hypothèse que je viens de développer, il est intéressant de noter que la puissance de ces phénomènes réducteurs, aussi bien que l'époque de leur apparition concordent le plus souvent avec les affinités botaniques. Voici, par exemple, les résultats de mes recherches sur les espèces appartenant aux deux genres *Russula* et *Cortinarius*. On peut voir que, dans les unes, on n'a trouvé que de la mannite et, dans les autres, du tréhalose.

I. — Genre RUSSULA.

ESPÈCES	Mannite p. °°/°°	Tréhalose p. °°/°°
Russula ochroleuca Pers. jeune.	18,0	0
-- *fellea* Fr. jeune ?.	14,2	0
— *fœtens* Pers. jeune.................... ...	10,5	0
— *cyanoxantha* (Schaeff.) jeune...........	14,1	0
— *lepida* Fr. adulte. :	26,7	traces?
— *virescens* (Schaeff.) adulte..................	18,9	traces ?
— *delica* (Waill.) adulte......................	15,3	0
— *Queletii* Fr. jeune.........................	19,7	0
— *cyanoxantha* (Schaeff.) adulte..............	18,3	0
— *adusta* (Pers.) jeune.......................	23,3	0
— *nigricans* (Bull.) desséché..................	16,5	0

II. — Genre CORTINARIUS.

ESPÈCES.	Mannite p. °°/°°	Tréhalose p. °°/°°.
Cortinarius imbutus Fr. jeune	0	8,5
— *castaneus* (Bull.) jeune	0	16,0
— *saturninus* Fr. jeune	0	4,8
— *sciophyllus* Fr. jeune	0	5,8
— *brunneus* (Pers.) jeune	0	5,4
— — adulte	traces	4,6
— *hinnuleus* (Sow.) jeune	0	12,5
— *evernius* Fr. jeune	0	6,5
— *impennis* Fr. jeune	0	5,5
— *bivelus* Fr. jeune	5,7	3,5
— *cinnabarinus* Fr. jeune	0	3,0
— *azureus* Fr. jeune	0	4,3
— *Bulliardi* (Pers.) adulte	0	1,5
— *albo-violaceus* (Pers.) jeune	0	6,0
— *violaceus* (Lin.) jeune	0	4,7
— *delibutus* Fr. jeune	0	3,7
— *collinitus* (Pers) jeune	10,6	traces
— *cristallinus* (Pers.) jeune	0	6,0
— *fulmineus* Fr. jeune	0	6,5
— *fulgens* (Alb. et Schw.) jeune	0	13,2
— *purpurascens* Fr. jeune	0	8,7
— *calochrous* (Pers.) jeune	0	14,2
— *infractus* (Pers.) adulte	1,1	1,4
— — âgé	0,4	traces
— *varius* (Schaeff.) jeune	0	7,1
— *triomphans* Fr. jeune	0	4,3
— *psammocephalus* (Bull.) jeune	0	9,5
— *armillatus* Fr. jeune	0	7,5
— *torvus* Fr. adulte	0	5,3
— *cinnamomeus* (L.) jeune	0	5,6
— *sublanatus* (Sow.) jeune	0	9,2
— *elatior* Fr. jeune	traces	2,9
— *cœrulescens* (Schaeff.) jeune	0	3,3
— *glaucopus* (Schaeff) jeune	0	7,9
— *variicolor* (Pers.) jeune	0	4,4
— *cyanopus* (Secr.) jeune	0	5,7
— *crocolitus* Quel. jeune	0	3,3
— *argutus* Fr. jeune	0	10,6

Il est, d'autre part, curieux de constater que toutes les *Russules* sont riches en ferments oxydants, tandis que les *Cortinaires* en sont pour la plupart dépourvues ; or, la formation de la mannite répond à une réduction. Peut-être ces ferments, qui prennent l'oxygène à l'air, peuvent-ils aussi le prendre à certains composés oxydés et devenir ainsi, indirectement, des ferments réducteurs.

Sur la présence de la mannite dans le **Peltigera canina** et le **Cladonia rangiferina** **(55)**. — Ces deux espèces étant des Lichens, c'est-à-dire, dans la théorie de Schwendener, des Champignons parasites d'Algues, il n'y a pas lieu de s'étonner qu'elles renferment de la mannite, puisqu'on en a trouvé dans les Algues et les Champignons.

Sur la nature des hydrates de carbone insolubles entrant dans la composition du Lactaire poivré **(54)**. — Il s'agit dans ce travail des hydrates de carbone insolubles dans l'eau, mais solubles dans de la lessive de soude étendue. On sait que c'est en traitant le bois de hêtre par la lessive de soude à 5 p. °/o qu'on en a retiré un hydrate de carbone appelé d'abord *lignigomme*, et qu'on a rangé ensuite parmi les *xylanes* parce qu'il donne du *xylose* par hydrolyse. J'ai voulu voir ce que donnerait le tissu du Lactaire poivré, traité de la même façon, après avoir été débarrassé de tous les matériaux solubles dans l'alcool, l'eau, l'ammoniaque étendue, l'acide chlorhydrique étendue et l'eau distillée.

Il fournit un mélange d'hydrates de carbone donnant à l'hydrolyse (traitement à chaud par l'acide sulfurique étendu) du dextrose et du mannose. Ce mélange est donc composé de *dextrane* et de *mannane*. Peut-être renferme-t-il aussi un peu de xylane ; car lorsqu'on le distille en présence d'acide chlorhydrique, on obtient un liquide qui donne, après neutralisation, une coloration rouge cramoisi avec l'acétate d'aniline, réaction caractéristique de la xylane.

Sur la présence d'une matière analogue à l'amidon dans le **Boletus pachypus** *Fr.* **(50)**. — Lorsqu'on coupe un *B. pachypus* et qu'on fait tomber une goutte d'eau iodée sur la section, la surface touchée se colore

immédiatement en bleu. Le suc exprimé du champignon ne se colore pas avec l'eau iodée. Si on traite le tissu exprimé par l'eau bouillante on obtient un liquide renfermant une matière qui est colorée en bleu par l'iode. Donc le pseudo-parenchyme du *B. pachypus* renferme une matière analogue à l'amidon. Cette matière, insoluble à froid, imprègne uniformément les membranes cellulaires, comme on peut s'en assurer en étudiant au microscope l'action de l'eau iodée sur une coupe mince du tissu. Enfin elle donne un sucre réducteur sous l'influence de la salive, comme le fait l'amidon soluble.

Sur quelques points relatifs à la digestion du sucre de canne (**57** à **59**. — A l'occasion de mes recherches sur la physiologie du maltose, j'ai été amené à faire quelques expériences comparatives sur le sucre de canne. Il s'agissait de savoir si le sucre de canne peut être dédoublé par les acides que l'on rencontre dans le tube digestif.

Acide chlorhydrique. — Déjà Béchamp avait démontré que le suc gastrique, étendu de son volume d'eau, intervertit le sucre de canne.

Dans mes essais, des solutions, renfermant 0 gr. 50 de sucre et 0 gr. 20 d'acide chlorhydrique pour 100 cent. cubes, ont été maintenues à la température du corps (38° centigrades) pendant des temps variables. Dans ces conditions, le sucre est interverti en totalité en 12 à 18 heures.

Acide lactique. — L'acide lactique employé dans des proportions équivalentes (0,493 d'acide lactique pour 100 cent. cubes) agit moins activement. Au bout de 36 heures, et dans les mêmes conditions expérimentales que ci-dessus, il n'y avait que 33,33 p. °/₀ de sucre interverti.

Acide carbonique. — L'acide carbonique lui-même intervertit le sucre de canne à la température du corps, mais il le fait très lentement. Dans une solution de sucre de canne à 1 p. 100, saturée à froid d'acide carbonique, et maintenue, dans un ballon scellé à la lampe à la température de 38° pendant 5 jours, on a trouvé que 3,22 p. °/₀ du sucre de canne avaient été intervertis.

Ces faits montrent que les trois acides ci-dessus désignés peuvent intervenir, quoique pour une faible mesure, dans l'interversion, c'est-à-dire dans la digestion du sucre de canne.

Ces mêmes acides, dans les conditions indiquées, n'agissent pas sur le maltose.

Sur la physiologie du maltose (**57, 58, 59**). — Le maltose, $C^{24}H^{22}O^{44}$, est le plus important des saccharoses (*diglucoses*) alimentaires. Il prend naissance, en effet, toutes les fois que la diastase (amylase) agit sur l'ami-

don ou sur le glycogène, de sorte qu'il doit s'en faire dans toute digestion : les aliments de nature végétale renfermant de l'amidon et les aliments de nature animale, du glycogène.

Il y avait donc intérêt à rechercher, comme l'avait fait Claude Bernard pour le sucre de canne, si le maltose, isomère de ce dernier composé, a besoin aussi d'être dédoublé pour être assimilable. Cette étude a fait l'objet de deux séries d'expériences. Dans les unes, j'ai recherché s'il existait, chez les animaux et les végétaux, un ferment soluble, analogue à l'invertine, capable de dédoubler le maltose et, par conséquent, de le transformer en dextrose, sucre directement assimilable. On a vu plus haut que ce ferment existe, qu'on le trouve dans l'intestin grêle et le pancreas des animaux, et qu'il est secrété par certaines moisissures et par la levure de bière.

Dans les autres, — cette seconde série d'expériences a été effectuée avec la collaboration de M. Dastre — des essais ont été effectués en vue de savoir si le maltose injecté directement dans le sang est consommé comme le glucose, ou si, comme le sucre de canne, il est éliminé par les reins.

En réalité, lorsqu'on injecte du maltose dans le sang, on n'en retrouve qu'une partie relativement faible dans l'urine. Mais cela s'explique en admettant, comme je l'ai fait dès 1886, sans pourtant l'avoir prouvé, que le sang renferme de la maltase, ferment susceptible de dédoubler le maltose en glucose. D'ailleurs la présence de maltase dans le sang a été établie expérimentalement par Dubourg en 1889, et confirmée depuis par Bial (1892), par C. Tebb (1893) et, finalement,par M. Gley et moi (1895).

Il ressort de cet ensemble de faits que, chez les animaux et chez les moisissures, tout se passe avec le sucre de malt comme avec le sucre de canne, c'est-à-dire que, comme Cl. Bernard l'avait énoncé pour le second de ces sucres, l'utilisation exige une hydrolysation préalable.

Enfin, la présence de maltase dans le sang — on savait déjà qu'il renferme de la diastase — nous montre que le sang peut être le siège de phénomènes analogues à ceux qui se passent dans le tube digestif. Il est possible que certains processus commencés dans l'intestin se poursuivent dans les vaisseaux. Mais n'en serait-il pas ainsi que l'on comprendrait la nécessité et le rôle de ces ferments intimes. C'est à eux qu'il appartient de rendre assimilables les aliments de réserve, lorsque le moment arrive de les utiliser. Cela conduit à cette notion qu'il existe chez les animaux

deux groupes de ferments solubles, exerçant leur action : les uns dans le tube digestif et les autres dans le sang ou l'intimité des tissus.

J'ai déjà développé une notion semblable à propos des ferments solubles de l'*Aspergillus niger* (p. 45).

Sur la digestion du trehalose (**72** *et* **73**). — [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Gley.]

Le tréhalose est, comme le maltose et le sucre de canne, un diglucose. Bien que moins répandu que ces deux derniers sucres, il présente cependant encore quelque intérêt au point de vue de l'alimentation. Il fait partie, en effet, d'une sorte de manne utilisée en Orient pour sucrer les pâtisseries, et plusieurs champignons comestibles, entr'autres le cèpe, en renferment d'assez fortes proportions.

Ni le sérum du sang de chien, ni celui du sang de bœuf, ni l'urine humaine, liquides qui dédoublent le maltose, n'agissent sur le tréhalose.

Le suc pancréatique du lapin n'agit pas non plus sur ce sucre, mais le suc intestinal du même animal le dédouble facilement. Il ressort de là que le suc intestinal renferme de la tréhalase, et que l'intestin grêle est le siège de la digestion du tréhalase.

Recherches sur l'assimilation du sucre de lait (**66**). — [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Troisier.]

Pas plus que les sucres précédents, le sucre de lait ou lactose n'est directement assimilable. On le retrouve en totalité dans les urines lorsqu'on l'injecte dans les veines d'un chien.

Pour servir à la nutrition, le lactose doit donc subir une transformation digestive. On a cherché à déterminer l'agent de cette transformation, les produits qui en résultent, ainsi que la région du tube digestif où elle s'accomplit ; mais les résultats auxquels on est arrivé ne laissent pas que d'être encore incertains.

Comme le sucre de lait, traité à l'ébullition par les acides minéraux étendus, se dédouble en dextrose et galactose, sucres assimilables, on a supposé que dans l'acte qui le rend utilisable, il subissait la même transformation.

Nous avons essayé de résoudre ce problème d'une façon indirecte en

comparant, chez un diabétique, le sucre de lait ingéré et le sucre éliminé par l'urine. Voici l'hypothèse sur laquelle reposait notre expérience : le diabétique digère les matières sucrées, mais il ne les assimile pas, ou ne les assimile que partiellement. Si on le met au régime exclusivement lacté ou à un régime de lait additionné de sucre de lait, les matières sucrées que l'on retrouvera dans les urines devront représenter les produits de la digestion de ce sucre, puisqu'il n'y aura pas eu d'autres hydrates de car bone ingérés. *A priori*, on pouvait supposer que le sucre éliminé serait en grande partie du glucose, qui est le type du sucre diabétique ; le point important était de savoir si l'urine contiendrait du galactose ; c'est une recherche qui n'avait pas encore été faite.

Nous avons donc ajouté des doses croissantes de sucre de lait au lait que prenait un diabétique soumis à la diète lactée. Le sucre de l'urine a augmenté proportionnellement, et, pour certains jours, l'augmentation a été égale ou presque égale à la quantité de sucre de lait ajouté.

Comme le sucre de l'urine était uniquement du dextrose, on est en droit de conclure que le sucre de lait a été finalement transformé en dextrose.

Cette transformation s'est-elle faite directement dans le tube digestif ; ou bien les produits de la transformation digestive du sucre de lait ont-ils servi à former transitoirement du glycogène qui s'est dédoublé en donnant le glucose que nous avons retrouvé dans l'urine ? C'est ce que nos recherches ne permettent pas de décider.

En tout cas, ces faits viennent à l'appui de l'hypothèse d'après laquelle le glucose serait la forme chimique à laquelle aboutissent les hydrates de carbone avant leur utilisation par l'économie.

---

*Sur l'hydrolyse du raffinose par l'***Aspergillus niger** **(74)**. — Le raffinose est un triglucose qui, sous l'influence des acides minéraux étendus, fournit trois sucres simples assimilables : dextrose, lévulose et galactose. On l'a trouvé dans la betterave, dans les semences de coton, dans l'orge, dans le blé en germination, dans la manne de l'*Eucalyptus*. Ce sucre a donc une certaine importance en physiologie végétale.

Mes recherches établissent que l'*Aspergillus* secrète un ferment soluble capable d'hydrolyser le raffinose. Ce ferment pourrait être l'invertine, car la *levure de fermentation basse* et la *levure* dite des *boulangers* qui sont riches en invertine, donnent par trituration avec du sable et de l'eau, un liquide qui peut également hydrolyser le raffinose.

Sur l'hydrolyse du mélezitose (**75**).— [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Hérissey.]

Le mélézitose est aussi un triglucose, mais il diffère du raffinose en ce que, traité par les acides minéraux étendus, il donne trois molécules de dextrose. Il n'a été rencontré, jusqu'ici, que dans diverses mannes et dans la miellée du tilleul. Le mélézitose, dont nous nous sommes servi, avait été retiré par M. Boudier d'une miellée secrétée par le puceron du faux ébénier. Ce sucre est hydrolysé lui aussi par l'*Aspergillus*.

Sur la preparation du galactose (**61**). — Le galactose s'obtient, comme on sait, en traitant le sucre de lait à chaud par l'acide sulfurique étendu. Il se produit, à la fois, du dextrose et du galactose. On sépare ce dernier par cristallisation dans l'alcool.

Le sucre de lait s'hydrolyse difficilement et, lorsqu'on opère simplement à l'ébullition, il est nécessaire d'employer des solutions relativement riches en acide (5 p. 0/0) et de maintenir l'ébullition pendant longtemps (6 heures). On obtient, d'ailleurs, des sirops foncés qui cristallisent mal et dont le rendement en galactose est minime.

J'ai proposé d'opérer en autoclave à la température de 105 à 106° Dans ces conditions, il suffit de 1,5 p. 0/0 d'acide sulfurique pour que l'hydrolyse soit terminée en une heure.

Le liquide sucré est alors neutralisé par le carbonate de baryte ; on filtre et on évapore au bain-marie jusqu'à ce que le produit correspondant à 500 gr. de sucre de lait soit arrivé au poids de 640 gr. Le sirop, abandonné à lui-même, se prend en une masse cristalline au bout de quelques jours. Si l'on amorce avec un peu de galactose préparé antérieurement, la cristallisation commence le jour même.

Les cristaux sont délayés dans le moins possible d'alcool à 80°, puis essorés à la trompe. On les traite une seconde fois et on obtient un produit très blanc: 120 à 135 grammes de galactose pour 500 grammes de sucre de lait. La purification se fait par cristallisation dans l'alcool bouillant.

Sur la preparation de l'arabinose (**65**). — Le procédé ci-dessus, appliqué à l'hydrolyse de certaines gommes arabiques, réussit également bien pour la préparation de l'arabinose.

A l'époque où j'ai publié ces recherches, quelques chimistes admettaient encore l'identité du galactose et de l'arabinose. J'ai reproduit, en phototypie, les microphotographies des cristaux de chacun de ces sucres. Il est facile de voir, à l'inspection de ces photographies, que l'on a affaire à deux espèces chimiques différentes (**64** et **65**).

Extraction du glycogène du **Mytilus edulis (60)**. — J'ai appliqué à l'extraction du glycogène de la moule, le procédé de Landwehr, lequel est basé sur la propriété que possède cet hydrate de carbone de former, avec le péroxyde de fer, une combinaison insoluble dans l'eau.

En décomposant cette combinaison par l'acide chlorhydrique ou l'acide tartrique et en jetant dans l'alcool, le glycogène se précipite, tandis que le sel de fer reste en solution.

Mes expériences m'ont donné, dans un cas, 4 gr. 50, et, dans un autre, 8 gr. 35 de glycogène pour un kilogr. de chair fraiche de moule. (Les moules avaient été achetés sur le marché de Paris.)

Incidemment, j'ai observé ce fait que la combinaison de glycogène et de péroxyde de fer est saccharifiée par la diastase.

Sur quelques points relatifs à l'action de la salive sur le grain d'amidon (**62**). — On sait que lorsqu'on traite le grain d'amidon (amidon de blé ou de pomme de terre) par la salive, à une température comprise entre 45 et 55°, une portion du grain se dissout. Si on réfléchit que la salive n'agit pas sur l'amidon brut à la température ordinaire et qu'elle ne le dissout que lorsqu'il a été hydraté par l'eau et la chaleur, on est amené à supposer que le phénomène de dissolution qui a fait considérer le grain d'amidon comme composé de deux substances (granulose, substance dissoute par la salive, et amylose) se passe en réalité en deux temps : 1° hydratation d'une portion de la matière amylacée par l'eau à la température de l'expérience ; 2° saccharification de l'amidon ainsi hydraté par la diastase que renferme la salive.

Afin d'étudier cette manière de voir, j'ai fait sur ce sujet deux séries d'expériences : une première série dans laquelle de l'amidon de pomme de terre étant délayé dans l'eau et maintenu, pendant un temps déterminé, à une certaine température, est ensuite refroidi, puis traité par la salive à la température ordinaire ; une deuxième série dans laquelle la même quantité d'amidon est traitée directement par la salive, pendant le même temps et à la même température. Le sucre formé a été dosé dans tous les cas.

De la comparaison des résultats obtenus de 35 à 74°, ressortent les faits suivants : 1° l'eau ne commence à hydrater l'amidon de pomme de terre que vers 53°, tandis que la salive exerce déjà son influence vers 35° ;

2° de 53 à 58°, la proportion d'amidon hydraté par l'eau seule est inférieure à la proportion saccharifiée par la salive à ces mêmes températures ; 3° au dessus de 58° le contraire se produit, c'est-à-dire que la salive saccharifie moins d'amidon que l'eau n'en hydrate. Ce dernier résultat ne peut se comprendre que si l'on admet que vers 58°, la diastase salivaire commence à être partiellement détruite ou atténuée. L'atténuation va d'ailleurs en augmentant, et, vers 71°, la diastase est détruite, tandis que l'action hydratante de l'eau va en augmentant jusqu'à 74°.

L'atténuation de la diastase par la chaleur a déjà été étudiée précédemment (p. 37).

Sur la composition du grain d'amidon (**63**). — Les faits dont il est question ci-dessus m'ont amené à étudier l'action hydratante de l'eau sur le grain d'amidon (fécule de pomme de terre) en faisant varier non seulement la température, mais encore le temps pendant lequel l'amidon est maintenu à une température donnée.

L'eau n'agissant sur la fécule de pomme de terre qu'au dessus de 53°, il n'y avait aucune utilité à faire des expériences aux températures inférieures à 53°.

En réalité, ces expériences ont été faites à 54°, 57°, 60°, 63°, et 66°. L'action de l'eau a été mesurée, comme dans le travail précédent, en laissant refroidir l'essai à la température ordinaire, en ajoutant de la salive pour saccharifier l'amidon hydraté pendant l'essai, et en dosant le sucre formé.

Des résultats, il ressort que l'action hydratante de l'eau sur le grain d'amidon est fonction de la température sans être fonction du temps.

Ainsi, par exemple, un essai maintenu à 60° pendant 5 heures, possédait, après action subséquente de la salive, un pouvoir réducteur de 26,2 ; un essai analogue, maintenu à la même température pendant 38 heures, présentait un pouvoir réducteur de 27,2.

Si l'on réfléchit qu'en général, pour toute réaction effectuée sur une seule espèce chimique organique, et qu'en particulier, pour les hydratations, les quantités de produits formés sont proportionnelles aux temps, ou tout au moins en rapport avec le temps, on se trouve conduit à conclure que le grain d'amidon est formé de plusieurs hydrates de carbone (plus de 2).

Peut-être ces hydrates sont-ils identiques à l'origine et ne deviennent-

ils différents qu'en vieillissant — par polymérisation, par exemple. En tout cas, ils opposent respectivement une résistance différente aux actions hydratantes, et c'est par là qu'ils se distinguent les uns des autres.

V. — Travaux relatifs à l'étude des fermentations déterminées par les ferments figurés.

Sur la fermentation lactique du saccharose, du maltose et du lactose (**76**). — Ce travail a été entrepris dans le but de résoudre la question de savoir si ces divers sucres, que l'on sait être des diglucoses, sont dédoublés en glucoses avant de subir la fermentation lactique; en d'autres termes, si la fermentation lactique a lieu en deux phases :

1[re] phase : Dédoublement ou hydrolyse du diglucose

$$C^{12} H^{22} O^{11} + H^2 O = 2 (C^6 H^{12} O^6).$$

2[e] phase : Transformation des glucoses formés en acide lactique :

$$C^6 H^{12} O^6 = 2 (C^3 H^6 O^3).$$

Déjà Berthelot avait constaté, dans des essais de fermentation du lactose avec des matières organiques, que ce sucre passe directement à l'état d'acide lactique sans être dédoublé préalablement.

Mes expériences ont été effectuées sur le ferment lactique en cultures pures à la température de 38°. Or, à aucun moment des fermentations lactiques de ces divers sucres, il n'a été possible de constater la présence des glucoses pouvant provenir de leur hydrolyse. La fermentation lactique, du lactose, du maltose et du saccharose a donc lieu sans hydrolyse préalable de ces sucres ; à moins pourtant, que cette hydrolyse ne soit suivie de si près par la transformation lactique des produits intermédiaires formés, que ceux-ci soient impossibles à déceler.

Sur la fermentation alcoolique d'un mélange de deux sucres (fermentation élective) (**77, 78, 79**). — L'expression de *fermentation alcoolique élective*, créée par Dubrunfaut, à la suite de ses recherches sur la fermen-

tation du sucre interverti, laisse supposer que la levure, ensemencée dans un milieu renfermant plusieurs espèces de sucres fermentescibles, possède la faculté de choisir, parmi ceux-ci, celui qui lui convient le mieux, pour le détruire tout d'abord.

Si, en effet, on examine, à des intervalles rapprochés, les propriétés optiques d'une solution de sucre interverti en fermentation, on constate que la déviation gauche ne diminue pas comme elle devrait le faire si les deux sucres, dextrose et lévulose, fermentaient également.

Mais ni les recherches de Dubrunfaut, ni les recherches ultérieures n'ont résolu la question de savoir si les deux sucres fermentent successivement ou s'ils fermentent en même temps et en proportions inégales. On n'a même pas examiné si cette prétendue faculté élective pouvait être influencée par des variations dans les conditions physico-chimiques de la fermentation.

Mes recherches sur ces différents points se rapportent à deux mélanges : mélange de maltose et de lévulose, mélange de dextrose et de lévulose (sucre interverti). Une première série d'essais a été effectuée à la température ordinaire avec des mélanges renfermant des poids égaux de chacun des deux sucres (2 gr. pour 100 cc.). La fermentation était obtenue par l'addition, à 100 cc. de solution, de 0 gr. 50 de levure haute lavée et essorée.

Il a été ainsi constaté que tous ces sucres fermentent simultanément et en proportions inégales. Dans le premier mélange, le lévulose fermente plus rapidement que le maltose ; dans le deuxième, il fermente moins vite que le dextrose. Mais cette allure du phénomène ne se poursuit pas jusqu'à la fin de la fermentation. Le dosage, répété à des intervalles convenables, des proportions de chacun des sucres restant dans la liqueur démontre que, tandis que, jusqu'à un certain moment, la levure a toujours détruit, dans l'unité de temps, une plus forte proportion de sucre A, à partir de ce moment elle a détruit une plus forte proportion de sucre B ; en sorte que l'on peut dire — si l'on appelle élection cette particularité du phénomène caractérisée par l'inégalité dans la consommation des sucres — que l'élection a été renversée. L'hypothèse d'une prétendue faculté élective de la levure se concilie difficilement avec ce renversement Il paraissait plus admissible qu'il fût causé par les modifications survenues dans les conditions matérielles de l'expérience.

Ces modifications n'ont porté évidemment que sur deux points : 1° la

concentration de la liqueur qui va en diminuant, de plus en plus, jusqu'à la fin de la fermentation ; 2° sa composition, puisque la solution fermentante se charge, peu à peu, des produits non gazeux de la fermentation, dont le principal est l'alcool éthylique.

On était donc amené à rechercher si la *dilution*, d'une part, si la *presence d'alcool*, d'autre part, sont des facteurs à considérer dans la fermentation élective.

En premier lieu, tout en conservant l'égalité dans les proportions de chacun des sucres constituant le mélange, on a fait varier le poids total de ces sucres par rapport au même volume de liquide.

Les résultats obtenus m'ont amené à conclure que : pour un mélange à parties égales de maltose et de lévulose, la destruction de lévulose s'accroît davantage avec la concentration que la destruction du maltose, et qu'inversement, si la concentration diminue, la consommation du lévulose décroît plus rapidement que celle du maltose.

Ces faits faisaient prévoir que, dans une solution renfermant une proportion de maltose suffisamment plus élevée que celle de lévulose, celui ci pourrait être détruit en moindres proportions que le maltose. C'est ce qui a été constaté dans des essais particuliers, pour lesquels les mélanges de sucres étaient faits avec des poids inégaux de maltose et lévulose.

La dilution est donc un facteur qui peut rendre compte des changements survenus dans l'élection dont il a été question plus loin. En outre, l'alcool agit lui-même d'une façon analogue à la dilution.

Si on compare deux fermentations effectuées dans les mêmes conditions de température et de levure, avec poids égaux de maltose et de lévulose, mais l'un des liquides ayant été additionné de 4 à 5 p. 100 d'alcool, on constate que, pour ce dernier, l'élection a été fort diminuée. Enfin, si l'on combine la dilution avec l'addition d'alcool, par exemple, en faisant fermenter une solution renfermant pour 100 : maltose 2 gr., lévulose 1 gr. et alcool 4 gr., on renverse l'élection. Donc :

La fermentation élective peut être modifiee : 1° par la temperature ; 2° par la dilution ; 3° par l'alcool formé durant la fermentation.

Les sucres en dissolution ne subissent pas la décomposition à l'extérieur de la cellule de la levure. Ils traversent d'abord la membrane cellulaire, et c'est vraisemblablement au contact du protoplasma que se produit la

fermentation. On se trouve donc en présence de cette alternative : ou bien les sucres mélangés traversent la membrane avec une vitesse particulière à chacun d'eux, et ce seul fait entièrement physique, phénomène de dialyse, rendrait compte de l'élection ; ou bien il faut admettre que l'élection se produit postérieurement au passage des sucres, c'est-à-dire dans le courant de la fermentation elle-même.

La première de ces hypothèses a été examinée en étudiant la dialyse d'un mélange de sucres et plus particulièrement d'un mélange de lévulose et de maltose.

A cet effet, et pour se rapprocher autant que possible de la fermentation dans laquelle les sucres sont consommés au fur et à mesure de leur pénétration dans la cellule, j'ai disposé des morceaux de papier parchemin plissés en manière de filtre sur des entonnoirs en verre, à tube très allongé. Le papier dépassait l'entonnoir de $0^{m}02$ environ. Le dialyseur ainsi construit était rempli de la solution à dialyser, puis placé dans un bocal assez profond et contenant de l'eau en assez grande quantité pour que celle-ci vint passer par-dessus l'entonnoir et mouiller le papier dialyseur.

De la sorte, le liquide dialysé étant plus lourd que l'eau, descendait au fond du bocal et était constamment remplacé par de l'eau pure.

Les recherches effectuées avec cet appareil ont donné les résultats suivants :

1° Lorsqu'on fait dialyser, à la température ordinaire (20°), une solution de maltose et de levulose renfermant 2 p. 100 de chacun des sucres, le lévulose traverse le papier parchemin plus rapidement que le maltose.

2° L'inégalité dans les poids de chacun des sucres qui passent à travers le papier parchemin varie avec la dilution. Ainsi, pour une solution renfermant 2 gr. de maltose et 1 gr. de lévulose pour 100, il passe dans l'unité de temps plus de maltose que de lévulose à travers le dialyseur.

3° La dialyse d'un mélange des deux sucres alcoolisé au milieu d'un liquide également alcoolisé, se fait moins vite que lorsqu'il n'y a pas d'alcool ; mais la différence entre les poids de chacun des sucres qui passent dans le même temps n'est pas sensiblement changée.

4° Enfin une température élevée (40°) précipite la dialyse d'un mélange de maltose et de lévulose, mais n'accroit pas l'inégalité.

Ces deux derniers résultats différencient la dialyse de l'élection.

Tout ce qu'on peut conclure de ce qui précède, relativement à la fer-

mentation élective, c'est que, s'il est admissible que la dialyse est quelquefois la cause de l'élection, il est certain que ce dernier phénomène est surtout en rapport avec l'acte principal, l'acte fermentaire qui est exécuté postérieurement au passage à travers l'enveloppe. Restait un dernier point à examiner : l'action de la levure s'exerçant sur les sucres isolés est-elle la même que lorsque les sucres sont mélangés ?

Voici une des expériences par lesquelles cette question a été étudiée ; elle donnera l'idée de la méthode qui a été suivie.

On a fait deux solutions sucrées: l'une de lévulose à 2 p. 100 ; l'autre de glucose également à 2 p. 100. Ces deux solutions ont été additionnées, en même temps, de la même quantité de la même levure, et les deux fermentations sont restées à la température ordinaire. Les analyses ont été faites pour chacune des solutions au même moment.

Le tableau suivant résume les résultats observés :

	FERMENTATION DU LÉVULOSE		FERMENTATION DU GLUCOSE	
Durée	Déviation	Lévulose détruit	Déviation	Glucose détruit
9 h.	—3°16'	0,367	+1°26'	0,658
15	—2°46	0,619	+1° 4	1,002
22	— 2°20	0,834	+0°44	1,314
36	—1°32	1,235	+0°18	1,720
58	—0°36	1,702	+0° 7	1,907

On voit d'ici clairement que le dextrose fermente plus vite que le lévulose, et que la même inégalité dans la consommation des sucres se peut constater, que ces sucres fermentent isolément ou mélangés.

La conclusion générale à tirer de cet ensemble de faits, c'est que l'expression *fermentation élective* doit être définitivement abandonnée.

Le mot *élection* ne peut s'appliquer qu'à un agent actif ; et la levure, agent actif de la fermentation, ne manifeste aucune préférence, puisqu'elle se conduit en présence des sucres séparés comme elle fait en présence des sucres mélangés. Elle fournit une sorte de force aveugle qui ne distingue pas entre les matières fermentescibles. Celles-ci sont décomposées d'après des lois qui leur sont particulières, et pour cette raison, le phénomène observé pour la première fois par Dubrunfaut sera convenablement défini en disant : les différents sucres fermentescibles sont caractérisés dans ce phénomène par une destructibilité ou mieux par une

fermentescibilité alcoolique particulière à chacun d'eux ; car on ne saurait tirer, des faits qui ont été exposés, de conclusion en ce qui concerne, par exemple, la fermentation lactique.

Sur la fermentation alcoolique du galactose **(80** *et* **81)**. — Les différents chimistes qui ont étudié l'action de la levure de bière sur le galactose sont en désaccord sur la question de savoir si ce sucre éprouve ou non la fermentation alcoolique. Les uns affirment qu'il fermente facilement (Pasteur, Ed. v. Lippmann), d'autres qu'il fermente très lentement (Fudakowski, A. Meyer), d'autres, enfin, qu'il ne fermente pas (Kiliani, Koch).

Les recherches auxquelles je me suis livré sur cette question m'ont amené à découvrir un fait qui peut expliquer quelques unes de ces divergences d'opinion. Ce fait est le suivant : *La présence d'un sucre très fermentescible, même en faible proportion, dans une solution d'un sucre résistant à la fermentation alcoolique, peut faciliter la fermentation de ce dernier.*

Ainsi, si l'on fait une solution de galactose pur et si on ajoute de la levure préalablement lavée et essorée à la trompe, de façon à la débarrasser, autant que possible, des substances nutritives qui l'accompagnent, on ne voit pas se produire de fermentation. Mais si, opérant de même, on ajoute au mélange un peu de dextrose (1 partie de dextrose pour 30 parties de galactose), la fermentation alcoolique s'établit et se continue jusqu'à disparition complète du galactose. De plus, la proportion d'alcool que l'on obtient est sensiblement la même que si tout le sucre contenu dans le liquide avait été du dextrose.

Si, au lieu de dextrose, on ajoute, comme sucre *auxiliaire*, du lévulose ou du maltose, sucres également très fermentescibles, on provoque également la fermentation du galactose.

Des expériences particulières, m'ont d'ailleurs montré que ces trois sucres, à poids égaux, ne favorisent pas au même degré la fermentation du galactose. — Le dextrose est celui qui l'active le plus ; ensuite vient le lévulose, puis le maltose.

Arrêt de la fermentation alcoolique sous l'influence de substances secrétées par une moisissure (*Aspergillus niger*) **(82)**. [Ce travail a été fait en

collaboration avec M. Hérissey]. — Lorsqu'on remplace le liquide de Raulin sur lequel s'est développée une culture d'*Aspergillus* par de l'eau distillée, celle-ci se charge peu à peu de divers principes qui lui viennent de la moisissure. Parmi ces principes, j'ai déjà cité les différents ferments solubles hydrolysant du sucre de canne, du maltose, de l'inuline, etc. Mais il en est d'autres, car, ce liquide ajouté en même temps que la levure à une solution sucrée, ralentit la fermentation alcoolique et ne tarde pas à l'arrêter définitivement.

Ces derniers principes agissent certainement à des doses infinitésimales, puisque : 1° le liquide ne fournit pas plus de 0 gr. 20 de résidu (comprenant déjà les ferments rappelés plus haut) et que, 2° il exerce son action paralysante même lorsqu'on n'en ajoute qu'une quantité relativement faible ; par exemple 25 centimètres cubes pour 1 gr. 50 de levure dans 125 centimètres cubes d'eau renfermant 7 gr. 50 de glucose.

Ce sont donc là des principes dont l'activité rappelle celle des toxines. Ajoutons que la production de tels principes par l'*Aspergillus* nous explique pourquoi il n'existe pas, dans la nature, d'association de levure avec l'*Aspergillus*, alors qu'on en rencontre beaucoup d'autres analogues.

VI. — Recherches diverses de chimie physiologique.

Présence du chlorure de potassium dans quelques espèces de Champignons (**84**). — En appliquant mon procédé de recherche du tréhalose dans les Champignons, procédé dont j'ai parlé à la page 60, il m'est arrivé, à diverses reprises, de rencontrer des cristaux cubiques de chlorure de potassium à côté des cristaux de tréhalose ou de mannite que renfermait la préparation. Déjà, d'ailleurs, le chlorure de potassium avait été signalé dans quelques-uns de ces cryptogames.

La proportion de chlorure de potassium est, parfois, considérable. J'ai pu en retirer 5 grammes par kilogramme (champignon frais) de l'*Amanita phalloides*, et le *Boletus cyanescens* en renferme certainement autant.

J'ai rencontré le chlorure de potassium dans 22 espèces de Champignons, parmi lesquelles je citerai les *Amanita vaginata* Bull., *nitida* Fr., *rubescens* Fr., *strobiliformis* Vitt., *pantherina* D. C., *muscaria* L., *phal-*

loides Fr. et les *Elaphomyces asperulus* Vitt., *variegatus* Vitt., *granulatus* Vitt. Fait intéressant à remarquer : la plupart de ces espèces se développent dans des terrains sablonneux, riches en potassium.

Recherche de la tyrosine dans quelques Champignons (**87**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Harlay]. — Comme on l'a vu (p. 52), la tyrosine est caractérisée par la coloration noire que prennent au contact de l'air ses solutions additionnées de ferment oxydant des champignons. On peut encore la mettre en évidence en la faisant cristalliser au sein des tissus qui la renferment, en plongeant pendant quelque temps ces tissus dans l'alcool fort. Examinée au microscope, la tyrosine se présente alors sous la forme d'aiguilles blanches très déliées réunies en éventail ou en boule.

En nous appuyant à la fois sur la réaction colorée et sur l'aspect des cristaux, nous avons pu établir la présence de tyrosine dans les espèces suivantes : *Russula nigricans* (Bull.), *adusta* (Pers.). *Boletus aurantiacus* Bull., *scaber* Bull., *tessellatus* Gillet.

Sur la présence de l'éther methylsalicylique dans quelques plantes indigènes (**85**). — L'éther méthylsalicylique a été trouvé successivement dans l'essence de *Gaultheria procumbens* (Cahours) ; dans celle de *Betula lenta* (Procter) ; dans les essences des *Gaultheria Leschenaultii* D. C.(Broughton), *punctata* et *leucocarpa* (Kæhler) et enfin dans la racine de *Polygala Senega* L. (Langbeck).

J'ai retrouvé cet éther dans le *Monotropa hypopithys* (toute la plante) et dans la racine des *Polygala vulgaris* L., *depressa* Wend. et *calcarea* F. Schultz. On a vu plus haut que cet éther se trouve dans le *Monotropa*, et probablement aussi dans les autres plantes citées, sous la forme d'un glucoside qui se dédouble sous l'influence d'un ferment (*gaulthérase*) pendant les manipulations.

Propriétés d'un liquide considéré comme provenant d'une fistule pancréatique chez l'homme (**86**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Gley]. — M. le Docteur Ricard ayant enlevé, à un malade, une tumeur

abdominale occupant tout le flanc gauche, on s'aperçut, quelques jours après l'opération, en pansant la plaie, qu'il s'échappait, en abondance, par une sorte de trajet fistuleux, un liquide transparent, à peine ambré, neutre ou à peine acide. C'est ce liquide que nous avons examiné.

Nous avons constaté qu'il n'agissait ni sur les corps gras, ni sur la fibrine, ni sur le maltose, et qu'il n'exerçait qu'une action extrêmement faible sur l'amidon.

Comme certaines considérations anatomiques faisaient supposer que ce liquide provenait d'une partie du pancréas, on voit qu'on avait probablement affaire à un suc pancréatique inactif.

Sur quelques nouvelles réactions de l'acide cyanhydrique ; *Influence de la chaleur sur l'action oxydante du sulfate de cuivre* (**114**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Bougault]. — Lorsqu'on ajoute, à une solution aqueuse relativement concentrée de sulfate de cuivre, quelques gouttes de teinture de gaïac, on voit se produire une coloration bleue ; mais si la solution cuivrique atteint un certain degré de dilution (1 p. 5000), la coloration bleue ne se produit pas.

Si, cependant, on additionne le mélange d'une trace d'acide cyanhydrique, la coloration apparaît aussitôt. Schœnbein a fondé sur ce fait un procédé de recherche de l'acide cyanhydrique, procédé très sensible, puisque la réaction a lieu encore en présence de un millionième de cet acide.

Etant donné que le *gaïacol*, le *naphtol* α, le *créosol*, la *veratylamine*, etc., sont, comme l'acide gaiaconique de la résine de gaïac, oxydés par les substances oxydantes naturelles, nous avons pensé que ces mêmes corps devaient donner, avec le sulfate de cuivre étendu, en présence de l'acide cyanhydrique, des réactions analogues à celle que donne la teinture de gaïac dans les mêmes conditions.

Il en est ainsi, en effet, et l'on obtient, avec le gaïacol, une coloration rouge grenat ; avec le naphtol α une coloration mauve, etc.

Il s'agit donc bien, dans ces réactions, d'une oxydation et l'on peut dire, avec Schœnbein, que l'oxygène est emprunté à l'oxyde cuivrique. L'acide cyanhydrique est un adjuvant de l'oxydation.

Nos recherches établissent que la chaleur peut aider à l'accomplissement du phénomène, comme le fait l'acide cyanhydrique. Ainsi, une so-

lution de sulfate de cuivre à 1 p. 10000 ne donne pas de coloration bleue avec la teinture de gaïac à la température de 10 à 15°. Mais porte-t-on le mélange entre 35 et 40°, on voit la coloration se produire immédiatement. Ainsi encore, une solution de sulfate de cuivre à 1 p. 500.000 bleuit la teinture de gaïac si on chauffe vers 80 degrés pendant une ou deux minutes,

On arrive aux mêmes résultats avec la plupart des autres sels de cuivre.

VII. — Hygiène.

Sur l'emploi des filtres en terre poreuse pour la stérilisation à froid des liquides organiques (**88** *et* **89**). [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Galippe]. — Dans le but d'obtenir des liquides organiques stériles (privés de germes), nous nous sommes servis successivement, pour les filtrer, de vases en terre poreuse employés pour les piles, de tuyaux de pipe, de bougies en terre poreuse. Ces filtres étaient introduits dans le goulot de ballons portant une tubulure latérale, et soudés au goulot à l'aide de mastic Golaz. Le tout étant monté et stérilisé avec les précautions nécessaires, on emplissait les filtres du liquide à filtrer et on forçait celui-ci à traverser la paroi poreuse en faisant le vide dans le ballon à l'aide d'une trompe adaptée à la tubulure latérale. Après filtration, les appareils étaient laissés de côté ; on voulait s'assurer par une observation prolongée, que les liquides filtrés ne cultiveraient pas.

Tous ceux que nous avons essayés : salive, urine, matière fécale délayée dans l'eau, après être restés limpides et stériles pendant un temps variable qui n'a pas dépassé quatre semaines, se sont troublés par suite du développement de bactéries. Bien plus, nous avons soumis à la filtration dans les mêmes conditions, un liquide nutritif renfermant en suspension des spores de *Penicillium glaucum* et, au bout de quelques semaines, nous avons vu apparaître sur la paroi du filtre, dans l'intérieur du ballon, des fructifications de la moisissure, de telle sorte que le liquide filtré n'a pas tardé à être envahi.

Il ressort de là que les bactéries et le mycélium des moisissures peuvent traverser lentement les filtres en terre poreuse, lorsque ceux-ci sont maintenus dans l'air humide.

Empoisonnements par les Champignons (**90**, **91**, **92**, **101**). — Dans la plupart des empoisonnements causés par les Champignons, il est une question rarement résolue, c'est celle de savoir à quelles espèces il faut attribuer ces empoisonnements.

Le public reste ainsi dans l'incertitude, et il n'en résulte aucun enseignement pour l'avenir

J'ai eu l'occasion d'assister, comme témoin, à quelques-uns de ces empoisonnements. J'en ai profité pour faire une enquête et conduire celle-ci de façon à arriver à une détermination précise des espèces ingérées.

A Jurançon (16 septembre 1892). — Cinq personnes empoisonnées : cinq morts. Espèce toxique mangée : *Amanita phalloides* Fr.

A Authon du Perche (5 novembre 1896). — Une personne empoisonnée : mort. Espèce toxique mangée : *Am. phalloides* Fr.

A Bois-le-Roi (6 septembre 1896). — Une personne empoisonnée : guérison. Espèce toxique mangée : *Am. muscaria* L.

Action de l'acide carbonique sur les microbes (**93**). — Je reproduis textuellement, dans cette notice, l'observation suivante, parce qu'elle est une des premières (sinon la première) dans lesquelles on a constaté que l'acide carbonique s'oppose au développement de certaines bactéries.

Les expériences auxquelles elle se rapporte avaient été imaginées dans le but de rechercher si la salive, en présence de l'acide carbonique, pouvait hydrolyser le maltose à la température de 40°.

Exp. I. — On introduit dans un matras :

Solution de maltose à 0 gr. 50 p. °/°	50 cent. c.
Salive filtrée	5 cent. c.

Le mélange est maintenu à la température de 40° pendant 18 heures. Le liquide s'est fortement troublé ; il est rempli de bactéries et acide.

Exp. II. — On introduit dans un matras :

Solution de maltose à 0 gr. 50 p. °/°	50 cent. c.
Salive filtrée	5 cent. c.

On fait le vide dans le matras, et on laisse rentrer de l'acide carbonique. On ferme à la lampe et on porte à l'étuve pendant 18 heures. Le liquide est absolument limpide, et l'examen microscopique ne révèle la présence d'aucune bactérie.

Il faut donc en conclure que l'acide carbonique s'oppose au développement de certaines bactéries.

VIII. — Anatomie végétale

Remarques sur le réseau et les squames du pied des Bolets (**95**). — [Ce travail a été fait en collaboration avec M. Arnould]. — La surface du pied des Bolets est tantôt lisse (*B. castaneus*), tantôt réticulée (*B. edulis*), tantôt couverte de squames ou écailles diversement colorées ou disposées (*B. scaber* et *erythropus*). Nos recherches établissent que le réseau et les squames ont la même signification morphologique.

Nous avons constaté la présence de basides fertiles dans les mailles du réseau des espèces suivantes : *Boletus luridus* Schæff., *Satanas* Lenz., *pachypus* Fr. *edulis* Bull. *felleus* Bull., et *appendiculatus* Schæff. Il ressort de là, et des autres observations que nous avons faites sur ce sujet, que le réseau doit être considéré comme formé par des tubes arrêtés dans leur développement en profondeur et entraînés en surface par le grand accroissement en longueur et en diamètre de la partie du pied qui le supporte. En d'autres termes, le réseau doit être regardé comme un hyménophore au même titre que celui qui est constitué par les tubes du chapeau.

Comme on trouve également des basides fertiles dans les squames du pied des *B. erythropus* Pers., *tessellatus* Gillet, *scaber* Bull., *aurantiacus* Bull., *versipellis* Gill., *lanatus* Rostk., *rugosus* Fr. *candicans* et *granulatus* L., et que, d'autre part, les squames sont souvent disposées en réseau à grandes mailles (*B. lanatus*), on voit qu'il faut aussi les considérer comme les portions d'un hyménophore s'étendant sur toute la surface du pied.

IX. — Pharmacie.

Sur le sirop d'iodure de fer (**99**). — Le sirop d'iodure de fer est inscrit dans la plupart des pharmacopées. Son mode de préparation est sensiblement le même partout ; mais la proportion d'iodure de fer entrant dans sa composition varie étrangement comme le montre le tableau suivant dans lequel se trouve consignée cette proportion pour 100 gr. de sirop.

Pharmacopée grecque	0 gr. 052
— française (1884)	0 500
— belge	0 520
— italienne (1892)	0 640
— espagnole	0 670
— suisse (1894)	1 000
— allemande (1890)	5 000
— russe (1891)	5 000
— autrichienne (1889)	5 082
— anglaise	5 700
— danoise	10 000
— des Etats-Unis (1893)	10 000

L'essai du sirop d'iodure de fer devrait porter sur la proportion d'iodure. Mais, le plus souvent, un simple dosage de l'iode peut suffire. Ce dosage comprend deux opérations : Dans la première, on ajoute à un poids connu de sirop, un excès de nitrate d'argent. Dans la seconde, on dose l'excès d'argent à l'aide d'une solution titrée de sulfocyanure d'ammonium, après addition d'un peu de sulfate de sesquioxyde de fer et d'ammoniaque comme indicateur et d'acide azotique. La coloration rouge (sulfocyanure et persel de fer) ne se produit qu'au moment où la totalité de l'argent est précipitée.

De la proportion de sulfocyanure ajouté on tire l'excès de nitrate d'argent. Par différence on a la quantité de nitrate d'argent employé à la précipitation de l'iode, ce qui permet, finalement, de calculer la proportion d'iode contenu dans l'excès (procédé emprunté, pour la plus grande partie, à la pharmacopée des Etats-Unis).

Reactions d'identite de quelques medicaments galéniques officinaux (**100**). — Dans son sens le plus étroit, l'expression « réaction d'identité d'un médicament » ne devrait s'appliquer qu'à une réaction particulière à ce médicament. Mais, dans la pratique, on est amené à lui attribuer une signification plus étendue.

Ainsi, une réaction commune à deux médicaments devient une réaction d'identité pour l'un et pour l'autre quand il est impossible de confondre l'un avec l'autre : quand, par exemple, l'un est une teinture et l'autre un extrait (teinture et extrait de noix vomique).

Ainsi encore, une réaction qui permet de distinguer un médicament d'un médicament voisin, alors qu'ils ne peuvent être confondus avec aucun autre est, pour le premier, une réaction d'identité, quand bien

même cette réaction lui serait commune avec beaucoup d'autres médicaments. La réaction que je donne plus loin pour distinguer le miel rosat du miel de mercuriale est, dans ce sens, une réaction d'identité du miel rosat.

Enfin, quand il s'agit d'un médicament composé, tel qu'un sirop composé, une réaction particulière à l'un des principes contenus dans ce médicament peut, dans un certain nombre de cas, suffire pour que l'on puisse se prononcer sur l'identité de ce médicament: par exemple, quand ce principe ne se retrouve pas dans un médicament appartenant au même groupe.C'est encore là, dans un sens relatif, une réaction d'identité.

Ces sortes de réaction ont une importance indiscutable dans la pratique, le premier devoir du pharmacien étant de s'assurer que le médicament qu'il reçoit de la droguerie est bien celui dont la désignation se trouve sur l'étiquette.

Les réactions d'identité que j'ai données sont basées sur la présence dans les médicaments auxquels elles s'adressent, de substances dont les propriétés sont déjà connues. Je me contenterai de rappeler ici, sauf pour quelques-unes d'entre elles, les principes sur lesquels reposent ces réactions.

Teinture et extrait de colchique.— La réaction repose 1° sur la présence, dans ces médicaments, de colchicine, 2° sur ce que la colchicine peut être enlevée à ses solutions aqueuses par le chloroforme et donne, à sec, avec l'acide sulfurique concentré, une coloration jaune, que l'addition d'acide azotique fait passer au rose violacé.

Teinture et extrait de noix vomique; gouttes amères de Baumé. — La réaction repose sur la présence, dans la noix vomique et la fève de saint Ignace, d'un glucoside appelé *loganine*. Cette loganine donne à chaud avec l'acide sulfurique une belle coloration violette,

Teinture d'aloès composée. — Cette teinture renferme de l'*aloïne* et de l'acide *chrysophanique*. Ces deux principes sont enlevés à l'eau par l'éther, et si l'on ajoute, à la solution éthérée de l'eau renfermant un peu d'ammoniaque, il se fait un composé rouge cerise qui passe en solution dans l'eau et colore celle-ci.

Extrait de cubèbe. — Cet extrait renferme de la cubébine qui donne avec l'acide sulfurique concentré une coloration rouge pourpre. La coloration se produit directement avec l'extrait.

Miel rosat. — Ne peut être confondu qu'avec le mellite de mercuriale. Pour le distinguer, on agite 5 cc. de mellite étendu de son volume d'eau avec 10 cc. d'éther; on laisse reposer; on décante l'éther dans un tube à essai; on ajoute 2 cc. d'eau, puis une goutte de solution de perchlorure de fer et on agite. La couche aqueuse se colore en noir verdâtre avec le miel rosat; elle reste presque incolore avec le miel de mercuriale.

Cette coloration est due à ce que le tannin de la rose passe en dissolution dans l'éther.

Sirop d'écorce d'orange amère. — L'écorce d'orange amère renferme, entr'autres principes, de l'*hespéridine* et de l'*isohespéridine*. Or, ces deux substances sont solubles dans l'éther acétique qui les enlève au sirop étendu d'eau et, de plus, elles donnent une coloration jaune avec l'acide sulfurique.

Pommade de bourgeons de peuplier. — On fait fondre, à une douce chaleur, 3 ou 4 grammes de pommade dans 10 cc. d'alcool a 90°; on agite et on laisse refroidir. On décante la

solution alcoolique qui est légèrement verdâtre, on l'additionne de 2 gouttes de lessive de soude; le liquide doit prendre aussitôt une coloration jaune caractéristique. La réaction est due à la *chrysine*, principe immédiat, soluble dans l'alcool, qui est contenu dans les bourgeons de peuplier.

Les autres médicaments de couleur verte (baume tranquille, par ex.), ne donnent pas cette réaction.

Ferments solubles oxydants et médicaments ; incompatibilités (**105** et **108**). — Si les substances oxydantes que l'on rencontre dans la nature présentent la plus grande importance en physiologie, elles doivent aussi, et, à divers points de vue, retenir l'attention des pharmacologistes. Ceux-ci ne doivent pas perdre de vue, en effet, lorsqu'ils associent plusieurs matières médicamenteuses organiques, que ces matières peuvent renfermer des substances oxydantes susceptibles de déterminer peu à peu des altérations dans le mélange. Voici un exemple qui me fera mieux comprendre.

Si l'on ajoute à de l'eau créosotée, c'est-à-dire à une dissolution de créosote dans l'eau, une solution de gomme arabique, le mélange, d'abord limpide, ne tarde pas à se troubler et, bientôt, on voit se former un précipité jaune rougeâtre.

La production de ce précipité s'explique aisément. La créosote renferme, entre autres principes, surtout du *gaïacol* et du *créosol*, composés qui, comme je l'ai montré, s'oxydent sous l'influence des ferments oxydants en donnant, le premier, un précipité rouge grenat et, le second, un précipité jaune sale. La gomme arabique ordinaire contenant un ferment oxydant, les deux précipités se forment lentement en présence de l'air, et, par leur mélange, constituent, au moins pour la plus grande partie, le précipité jaune rougeâtre en question.

La gomme et l'eau créosotée sont donc incompatibles et il faut se garder de les associer.

La question doit être envisagée à un double point de vue : il convient de se demander, d'une part, quels sont les médicaments qui renferment des substances oxydantes et, d'autre part, quels sont ceux qui contiennent des matières oxydables par ces dernières.

Parmi les médicaments renfermant des matières oxydantes, je citerai : les gommes dites arabiques (aussi bien celles qui sont lévogyres, comme les gommes du Sénégal, que celles qui sont dextrogyres, comme la gomme de Gézireh) ; la gomme d'abricotier ; diverses gommes résines, comme l'encens, le bdellium d'Afrique et la myrrhe ; nombre de végétaux, ou

parties de végétaux surtout, à l'état frais, comme les bulbes de colchique; les racines de pissenlit, de chicorée, de guimauve; les feuilles de chicorée; les noix de kola, etc.

Parmi les médicaments qui peuvent être altérés sous l'influence des substances oxydantes, je citerai : la morphine dont les solutions, additionnées de ferment oxydant de Russule, absorbent rapidement l'oxygène de l'air et se colorent en jaune foncé ; la créosote dont il a été question ci-dessus, l'eau de goudron de bois qui donne un précipité jaunâtre, tandis que l'eau de goudron de houille se colore en brun presque noir sans donner de précipité ; divers extraits astringents, comme les extraits de quinquina, dont les solutions aqueuses donnent peu à peu un précipité brun volumineux; l'extrait de fougère mâle dont la coloration verte, due à la chlorophylle, disparaît pour faire place à une couleur jaune rougeâtre, lorsqu'on ajoute, à ses émulsions aqueuses, un peu de ferment de champignon, le sirop de violette qui est décoloré, etc.

Sur la préparation d'un extrait blanc de kola **105**). — C'est en m'appuyant sur les faits que je viens de signaler que j'ai réussi à obtenir, avec la noix de kola, un extrait de couleur blanche. Il suffit pour cela de commencer par détruire la substance oxydante que renferme ce médicament, et de mettre le produit à l'abri de l'air pendant toute la durée de la préparation.

On découpe les noix fraîches, que l'on a choisies parmi les plus blanches, dans l'alcool à 95° préalablement porté à l'ébullition. On distille ensuite la solution alcoolique ainsi obtenue dans le vide avec rentrée d'hydrogène. On achève la dessiccation dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique et on pulvérise. Le produit a tout à fait l'apparence de la poudre de gomme arabique.

La solution aqueuse de cet extrait rougit déjà de soi-même peu à peu à l'air ; mais si on l'additionne de ferment oxydant (Russule), la coloration rouge se fait très rapidement et l'on voit se déposer un précipité rouge brunâtre (rouge de kola de Knebel).

Sur l'origine de la coloration de certaines gommes (**109**). — Lorsqu'on ajoute un peu d'une solution aqueuse de gomme blanche à une solution d'extrait astringent (extrait de quinquina, par exemple), on voit, peu

à peu, le mélange, tout en restant limpide, prendre une coloration rouge brunâtre. Cela tient à ce que la matière astringente est oxydée sous l'influence de la gomme en présence de l'air, que le produit d'oxydation reste en dissolution et communique sa couleur au mélange (On a vu plus haut que le produit d'oxydation, lorsqu'il se forme en l'absence de gomme, est un précipité rouge brunâtre.).

Cette expérience me paraît conduire à l'explication de la coloration des morceaux de gomme dits *marrons*, qu'on trouve toujours, au moins en petite quantité, dans les meilleures sortes commerciales, alors que l'on sait que la gomme est toujours incolore au moment de sa formation. Cette explication est basée : 1° sur ce que toutes les gommes contiennent un ferment oxydant ; 2° sur ce que la gomme, encore molle, ou ramollie par l'humidité, peut se charger, au contact des parties mortifiées de l'écorce qu'elle traverse, d'une faible proportion de substance astringente qui, sous l'influence du ferment oxydant, se colore en brun foncé et lui communique sa couleur.

Un fait qui s'accorde avec cette manière de voir est que les morceaux de gomme foncés renferment toujours un peu de substance astringente. Si on pulvérise cette gomme et si on traite la poudre par de l'alcool à 95°, on obtient un liquide alcoolique qui se colore en vert noirâtre par addition de perchlorure de fer.

LONS-LE-SAUNIER — IMP. L. DECLUME.